Untersuchungen zur genetischen Belastung der Bevölkerung bei Fußdurchleuchtungen in Schuhgeschäften

von

SUMER PEK

[1958]

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41555227_0034

Aus dem Institut und der Poliklinik
für Physikalische Therapie und Röntgenologie der
Universität München

Direktor : Professor Dr.H.v.Braunbehrens

Untersuchungen zur genetischen Belastung der Bevölkerung bei Fussdurchleuchtungen in Schuhgeschäften

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde
verfasst und einer
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München
vorgelegt

von
Sumer P e k
aus Ankara,Türkei

1958

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

5349/60

Mit Genehmigung
der Medizinischen Fakultät der
Universität München

Referent :
Priv.Doz. Dr.med. F.E. S t i e v e

Korreferent :
Professor Dr.med. H.v.Braunbehrens

Dekan :
Professor Dr. med. H. Schwiegk

Tag der mündlichen Prüfung :
15. Dez. 1959

Fotodruck: Mikrokopie G.m.b.H. München 2, Weinstr. 4

Inhalt

	Seite
I. Einführung	5 - 6
II. Allgemeines über die Strahlung und die biologischen Effekte der ionisierenden Strahlen	7 - 13
1. Strahlungsarten	7
2. Quellen der ionisierenden Strahlen	7
3. Biologische Wirkungen der ionisierenden Strahlen	8
a) Dosiseinheiten	
b) Strahlenempfindlichkeit des menschlichen Gewebes	
c) Somatische Effekte	
d) Genetische Effekte	
e) Höchstzulässige Strahlendosen	
III. Bisherige Untersuchungen der Schuhdurchleuchtungsapparate (SDA)	14 - 20
1. In Deutschland	14
2. In Dänemark	15
3. In England	16
4. In Kanada	17
5. In den USA	18
6. Zusammenfassung	20
IV. Schuhdurchleuchtungsapparate	21 - 26
1. Technische Einzelheiten	21
2. Gesetzliche Bestimmungen	21
3. Ergebnisse einiger amtlichen Prüfungen der SDA	23
4. Zahl der SDA in Deutschland, Herstellerfirmen	25
V. Eigene Untersuchungen von SDA	27 - 44
1. Statistische Untersuchungen	27
a) Zahl der Schuhfirmen mit SDA in München und in Bayern	
b) Frequenz der Schuhdurchleuchtungen	
c) Ergebnisse der statistischen Untersuchungen	
d) Berechnung der jährlichen Schuhdurchleuchtungsfrequenz in München und in Deutschland	

Seite

2. Messungen 35

a) Verwendete Messgeräte
b) Ergebnisse der Messungen an SDA
c) Ergebnisse der Gonadendosis-Messungen
d) Wöchentliche Strahlenbelastung des Personals in Schuhgeschäften
e) Ergebnisse der Hautdosis-Messungen an Füssen der Kunden

VI. Schlussfolgerungen 45 - 54

1. Genetische Strahlenbelastung der Bevölkerung durch Fussdurchleuchtungen in Schuhgeschäften 45

a) Berechnung aus der Schuhdurchleuchtungsfrequenz
b) Berechnung aus dem Verhältnis zwischen Schuhumsatz und Schuhdurchleuchtungsfrequenz
c) Rolle der Schuhdurchleuchtungen in der Gesamtstrahlenbelastung der Bevölkerung
d) Genetische Strahlenbelastung der Angestellten in Schuhgeschäften

2. Andere mögliche Strahlenschädigungen 53

3. Stellungnahme 53

VII. Zusammenfassung 55 - 58

Verzeichnis der Abbildungen 59

Abbildung 2 60

Tabellenverzeichnis 61 - 62

Tabellen 63 - 81

Schrifttum 82 - 84

Lebenslauf 85

I. Einführung

Die moderne Entwicklung auf dem Gebiet der Kernphysik hat den Wissenschaftlern eine Aufgabe neu gestellt: die Strahlenbelastung der Bevölkerung zu ermitteln. Das Problem betrifft nicht nur die Belastung durch radioaktive Strahlungen wie diejenige durch Atombombenexplosionen, aus Atombetrieben usw., sondern auch die Belastung mit anderen ionisierenden Strahlen, deren Quellen schon vor der 'Atom-Ära' bestanden, nämlich den Röntgenstrahlen.

Von Anfangsstadien bis zur heutigen weit ausgebreiteten Verwendung der Röntgenstrahlen in der Medizin, Industrie und im Gewerbe hat man vieles über die Gefahren erfahren, die diese Strahlen für Menschen mit sich bringen. Es wurden aber vorwiegend die somatischen Schäden im Auge behalten und Schutzmassnahmen, wie die technischen Verbesserungen der Apparatur und Festlegung der höchstzulässigen Dosen usw. darauf ausgerichtet. In der erwähnten technischen Entwicklung liegt aber die Möglichkeit, dass eine Strahlenbelastung aus künstlichen Strahlenquellen nicht nur Einzelglieder des Volkskörpers, sondern die Bevölkerung in ihrer Gesamtheit trifft. Damit tritt die mutationsauslösende Wirkung ionisierender Strahlen in den Vordergrund der Betrachtungen. Nachdem sich die genetischen Schädigungen durch Strahlen aus verschiedensten Quellen summieren, ist es zunächst erforderlich, die einzelnen Summanden genau kennen zu lernen und ihre Grösse festzustellen; nur so ist eine Beurteilung der Gesamtsituation zu geben.

In England und Amerika hat man sich mit diesem modernen Problem gründlich beschäftigt und die verschiedensten Quellen untersucht. In Deutschland werden derartige Untersuchungen erst vor kurzem unternommen. Eine dieser Strahlenquellen sind die Röntgendurchleuchtungen der Füsse in Schuhgeschäften.

Die im Einzelhandel sehr verbreiteten Schuhdurchleuchtungsapparate wurden bis jetzt in verschiedenen Ländern von verschiedenen Autoren untersucht. Das Problem der genetischen

Belastung bleibt aber fast bei allen diesen Arbeiten unberührt.

Um diese Lücke auszufüllen und deutsche Untersuchungen über die genetische Belastung der Bevölkerung beizutragen, haben wir die Schuhdurchleuchtungsapparate in München untersucht. Die Ergebnisse der Messungen und der statistischen Untersuchungen sind in dieser Arbeit zusammengefasst und ausgewertet.

Dabei sind wir Herrn Vollmer, Geschäftsführer der Firma Tretter in München, Herrn Altenkirch, Inhaber der Herstellerfirma für Pedoskop-Röntgen-Apparate Wilhelm Altenkirch u. Sohn, Uelzen, Herrn Ehret, Inhaber der Herstellerfirma Röntgen-Ehret, Freiburg, dem Clemens-Maria Kinderheim, München-Obergiesing und den Firmen Tretter, Favorit, Schuh-Klein, Salamander, Oberpollinger, Kaufhof, Suyer, Thomas, Meier, Münzinger und Schuster, alle in München, für ihre Unterstützung dieser Untersuchungen besonders Dank schuldig.

II. Allgemeines über die Strahlung und die biologischen Effekte der ionisierenden Strahlen

Bevor wir in unser spezielles Thema eingehen, sollen die Grundlagen der modernen Strahlungslehre kurz erwähnt werden.

1. Strahlungsarten

Unter Strahlung im allgemeinen Sinne verstehen wir jeden Vorgang, der sich von einer Strahlenquelle aus wellenförmig im Raume ausbreitet. Darunter kennen wir die folgenden "elektromagnetischen Wellen", die je nach Wellenlänge physikalisch und auch physiologisch verschieden wirksam sind:- Radiowellen, Radarwellen, Wärmestrahlen, Infrarotstrahlen, das sichtbare Licht, das ultraviolette Licht, die weichen und die harten Röntgenstrahlen, Gamma-Strahlen radioaktiver Substanzen und die Ultra- oder Höhenstrahlen. Die letzten drei, also die Röntgenstrahlen, Gamma-Strahlen radioaktiver Substanzen und die Höhenstrahlen gehören zu dem Begriff "Quantenstrahlen" und haben die Eigenschaft, aus den elektrisch neutralen Molekülen der Luft Elektronen herauszuschlagen und diese Moleküle dadurch zu elektrisch positiv und negativ geladenen Ionen zu machen, die Luft also zu 'ionisieren'. Die gleichen Ionisationswirkungen haben aber auch "Korpuskularstrahlen", also Strahlen, die aus schnellbewegten Elementarteilchen (Korpuskeln) bestehen:- aus Elektronen bestehende Beta-Strahlen, aus Heliumkernen bestehende Alpha-Strahlen und aus schnellen und thermischen Neutronen. Die Quanten- und die Korpuskularstrahlen sind unter dem Sammelbegriff "Ionisierende Strahlen" gefasst.

2. Quellen der ionisierenden Strahlen

Als Quellen dieser ionisierenden Strahlen wäre zu nennen:- der sogenannte "radioactive fall-out", also die radioaktiven Niederschläge als Folge der Atombombenversuche, die "Atombetriebe", die Verwendung radioaktiver Stoffe in Industrie und Gewerbe, die Anwendung radioaktiver Stoffe in der Medizin, die

Röntgeneinrichtungen in Industrie und Gewerbe (dazu gehören auch die Schuhdurchleuchtungsapparate),die Röntgeneinrichtungen für diagnostische und therapeutische Zwecke in der Medizin,und die natürliche Grundstrahlung.

Die natürliche Grundstrahlung besteht aus "Eigenstrahlung" des menschlichen und tierischen Körpers,erzeugt von radioaktiven Stoffen wie Kalium 40, Kohlenstoff 14, Radium und Strontium, die sich in jedem Körper befinden; aus "kosmischer Strahlung" wie Mesonen, Neutronen und Elektronen oder Gamma-Quanten; und aus "Umgebungs- oder Terestrischer Strahlung",erzeugt von in jedem Boden in wechselnder Menge enthaltenen natürlichen radioaktiven Stoffen wie Kalium und Elementen der Thorium- und Uranzerfallsreihe und von dem natürlichen Gehalt der Luft an Radium-Emanation (Radon und Thoron).

3. Biologische Wirkungen der ionisierenden Strahlen

a) Dosiseinheiten

Die Wirkungen verschiedener Strahlenarten sind qualitativ gleich.Damit ist erklärt,dass sie sich voll addieren.Die Beurteilung der Strahlenbelastung eines Organismus muss also jegliche Strahlenart und jegliche Strahlenquelle berücksichtigen. Nicht die Energie der einzelnen Korpuskeln oder des einzelnen Quants,sondern die Menge der insgesamt abgegebenen Energie entscheidet die biologische Wirkung.Dabei verstehen wir unter "Dosis" die Menge der absorbierten Energie,bezogen auf die Volumen- oder Masseneinheit.Von einer auffallenden,durchdringenden Strahlung wirkt auf einen Körper,also ein räumliches, nicht flächenhaftes Gebilde,aber nur der Teil,der in diesem Körper sozusagen 'hängenbleibt'; das 'Hängenbleiben' oder 'Verschlucktwerden' bedeutet ja nichts anderes als die Energieabgabe der Strahlung.Der Teil der Strahlung,der durch den Körper lediglich hindurchgeht,keine Energie abgibt,übt auch keine Wirkung aus.

Die Dosis wird in den folgenden Einheiten gegeben:- "r" als Einheit der Röntgen- oder Gamma-Strahlung,für Korpuskularstrahlung die Einheiten "rep" (roentgen equivalent physical) oder "rad" (radiation absorbed dose).Die 1/1000 stel Teile

dieser Einheiten sind das Milliroentgen (mr),das mrep oder das mrad.Entsprechend üblicher Einteilung von Einheiten,wird der 1/1 000 000 ste Teil als mikro-r (/ur) bezeichnet.Unter der Einheit "rem" (roentgen equivalent man) verstehen wir die biologische Dosis,ermittelt durch Multiplikation der physikalischen Dosis mit der "RBW" (relativen biologischen Wirksamkeit).Der Begriff RBW wurde von den Strahlenbiologen deshalb geschaffen,weil infolge von Unterschieden zwischen verschiedenen ionisierenden Strahlen,wie der Ionisationsdichte,die biologischen Wirkungen nicht gleich sind.

b) Strahlenempfindlichkeit des menschlichen Gewebes
Die Wirkung der ionisierenden Strahlen auf lebendes Gewebe ist abhängig von der Dosis,aber auch von der Empfindlichkeit des betreffenden Gewebes gegenüber der Strahlung.Unten (Tab.1) sind verschiedene Gewebsarten nach abnehmender Strahlenempfindlichkeit geordnet.

Lymphgewebe,Knochenmark,Thymus
Ovarien,Hoden
Schleimhäute
Speicheldrüse
Haarpapille
Schweiss-,Talgdrüsen
Epidermis
Seröse Häute
Lunge
Abdominaldrüsen
Thyreoidea
Muskelgewebe
Bindegewebe + Gefässe
Knorpel- und Knochengewebe
Ganglienzellen und Nerven

Tab.1 : Strahlenempfindlichkeit von gesundem Gewebe geordnet nach abnehmender Strahlenempfindlichkeit (nach J ü n g l i n g)

Daraus ist ohne weiteres zu erkennen,dass die blutbildenden Organe und die Keimdrüsen am stärksten gefährdet sind.

Die Strahlen wirken auf Generations- und Erhaltungsstoffwechsel der Zelle hemmend; je lebhafter der Stoffwechsel,desto strahlenempfindlicher ist das Gewebe.Je nach der Intensität der

Strahlung erholt sich die Zelle von der Schädigung oder geht dabei zugrunde.Die Schäden werden allerdings nie völlig ausgeglichen.Die kleinen Dosen können für das Gewebe makroskopisch unschädlich sein,aber eine Kumulation auch kleinster Strahlendosen kann die Lebensdauer verkürzen (W a r r e n)(49).

c) Somatische Effekte der Strahlen am Menschen
Wenn grosse Strahlendosen auf den menschlichen Körper einwirken,wie bei einer Katastrophe in einem Atombetrieb oder bei einer Atombombenexplosion,sind Krankheitserscheinungen je nach empfangener Dosis ausgeprägt.Das sog. 'akute Bestrahlungssyndrom' nach einer Totalbestrahlung oder wenigstens nach der Bestrahlung eines grösseren Körperabschnittes,besteht aus Kopfschmerz,Übelkeit,Erbrechen,Durchfall,Temperaturerhöhung, Blutungen verschiedener Art,Hautschäden,usw. (L a n g e n d o r f f)(18).
Für breitere Kreise der Bevölkerung ist aber eine chronische Belastung mit kleinen Dosen von viel grösserer Bedeutung,wobei die Strahleneinwirkung gar nicht bis zum Auftreten der ersten Schädigungssymptome zu führen braucht.Zwischen diesem und dem Beginn der Strahlenbelastung kann ein Zeitraum von mehreren bis vielen Jahren liegen.So rechnet man z.B. bei der durch kleinere Strahlendosen ausgelösten Leukämie mit einer Latenzzeit von durchschnittlich 6 Jahren,beim Lungenkrebs bei den Uranbergbauarbeitern mit einer Latenz von durchschnittlich 17 Jahren.Bei Leuchtziffermalerinnen,die radioaktives Material während ihrer Arbeit inkorporierten,fanden sich Knochensarkome sogar erst nach 20 bis 22 Jahren (L a n g e n d o r f f)(18).

Nach dem amtlichen amerikanischen Bericht "The Biological Effects of Atomic Radiation" haben die Radiologen der USA durchschnittlich eine um 5,2 Jahre reduzierte Lebenserwartung gegenüber solchen Ärzten,die nicht mit energiereichen Strahlen arbeiten.Damit stimmen gewisse Angaben in der französischen Literatur überein,nach denen bereits der Empfang einer Röntgeneinheit (r) die Lebenszeit des Menschen um etwa 3 bis 6 Tage reduziert (L a n g e n d o r f f)(18).

Die Frucht im Mutterleib ist gegenüber der Strahleneinwirkung besonders empfindlich.Schon bei verhältnismässig kleinen the-

rapeutischen Dosen z.B. von 30-50 r , ist eine Fruchtschädigung zu erwarten,wobei mit einer Fehlgeburt oder mit der Geburt einer missgebildeten Frucht zu rechnen ist.Bei Strahlendosen im Gefolge der Röntgendiagnostik ist dagegen eine Fehlgeburt nicht zu erwarten (M a r t i u s)(22).Wegen der hochgradigen Strahlenempfindlichkeit des embryonalen Gewebes ist aber bei jeglicher Strahleneinwirkung die wahrscheinlichkeit der Genveränderungen der fötalen Keimzellen möglicherweise höher als beim Erwachsenen.

d) Genetische Effekte der Strahlung am Menschen
Das zweite und wichtigere Problem der Strahleneinwirkung ist die 'genetische Belastung' der Bevölkerung.Dabei interessiert uns die Strahleneinwirkung an den Gonaden (Keimdrüsen).Bei den Keimzellen sind die latenten Schäden in Form der Mutationen,der Änderung einer Erbanlage,von Bedeutung.Die so neu erworbene Eigenschaft der Zelle wird bei jeder Zellteilung an die Tochterzelle weitergegeben.

Die mutationsauslosende Wirkung ionisierender Stranlen erstreckt sich auf die Keimzellen in jedem Entwicklungsstadium.Für die Auslösung einer "Genmutation" kann eine einzige Ionisation ausreichend sein.Durch mehrere Ionisationen konnen "Chromosomenmutationen" in Form von Inversionen,Chromosomenbrüchen, Translokationen,Verdoppelungen usw. auftreten.

Die Häufigkeit der durch die Bestrahlung ausgelösten Genmutationen ist der verabreichten Dosis direkt proportional.Daraus ist zu folgern,dass einen Schwellenwert der für die Mutationsauslösung notwendigen Dosis nicht gibt,dass also von einer unschädlichen Minimaldosis nicht gesprochen werden kann,da jede das Gen treffende Strahlenenergie eine Mutation hervorrufen kann.Die Möglichkeit,eine rezessive Genmutation zu induzieren,besteht bereits bei der kleinsten Dosis,sofern es zu einem "Treffer" kommt.

In Bezug auf die mutationsauslösende Wirkung summieren sich die verabfolgten Strahlendosen stets vollkommen,ganz gleich, ob sie innerhalb längerer oder kürzerer Zeit verabfolgt wurden oder ob die Teildosen zeitlich voneinander getrennt zur Wirkung kommen.Es gibt also keine Erholungsvorgänge in Bezug auf diese

Wirkung. Diese Summation der strahleninduzierten Mutationen erfolgt nicht nur während des Lebens des Einzelindividuums, sondern durch die Generationen hindurch.

Mutationen können spontan auftreten, also naturbedingt sein. Spezielle Röntgenmutationen gibt es nicht. Die strahleninduzierten Mutationen entsprechen den spontanen Mutationen. Ebenso wie die spontan auftretenden Mutationen stellen die strahleninduzierten Mutationen in den meisten Fällen Minusvarianten oder Letalfaktoren dar. Beim Menschen ist die Ausnutzung spontan auftretender oder strahleninduzierter wertvoller Mutationen unwahrscheinlich (M a r t i u s)(22).

Die Genetiker sind sich darüber einig, die tier- und pflanzenexperimentellen Ergebnisse der Strahlengenetik auch für den Menschen als gültig anzusehen, da die Strahlen in Kern- und Plasmafunktionen eingreifen, die bei den Pflanzen-, Tier- und Menschenzellen den gleichen Gesetzen unterliegen. Bis jetzt sind an verschiedenen Tieren (Drosophila melanogaster, Drosophila funebris, Habobracon, Mehlmotte, Maus) und Pflanzen (Löwenmaul, Gerste, Mais, Hafer, Weizen, Tabakpflanze) eingehende Untersuchungen gemacht und die Häufigkeit der spontanen und strahlenbedingten Mutationen festgelegt (M a r t i u s)(22). Ausgedehnte Forschungen wurden unternommen, um festzustellen, in welchem Ausmass die natürliche Mutationsrate durch zusätzliche Strahleneinwirkung erhöht wird. Aus den Versuchen an der Drosophila und der Maus wurde für den Menschen abgeleitet, dass die natürliche Mutationsrate von 24:100 Keimzellen durch 40 r erzeugt werden kann; sie wird dementsprechend verdoppelt, wenn 40 r sich den natürlichen Einwirkungen addieren. Die Angaben verschiedener Wissenschaftler schwanken zwischen 20-160 r. Eine solche Verdoppelung der Mutationsrate wird von den Genetikern als noch tragbar angesehen, ohne dass der genetische Tod oder die Degeneration des menschlichen Geschlechtes befürchtet werden müsste. Diese 40 r sind deshalb als Grenzdosis für die durchschnittliche Strahlenbelastung der Keimdrüsen grösserer Bevölkerungsteile oder genetisch weitgehend abgeschlossener Bevölkerungsgruppen anzusehen (S e e l e n t a g)(38).

Da die strahleninduzierten Mutationen in der überwiegenden

Anzahl rezessive Mutationen sind,kann man grobe Missbildungen als Bestrahlungsfolgen erst in späteren Generationen erwarten, wenn eine Strahlenmutation mit einer der im Keimgut verstreuten gleichartigen,rezessiven Mutationen zusammentrifft (M a r t i - u s)(22).

e) Höchstzulässige Strahlendosen

Im November 1956 hat die Internationale Strahlenschutzkommission für durch Strahlung chronisch belastete Bevölkerungsgruppen (Arbeiter in Atombetrieben,Röntgenassistentinnen,Röntgenologen, usw.) eine höchstzulässige Dosis von 0,3 r /Woche festgelegt. Die Gesamtstrahlenmenge darf aber in einem Jahr den Wert von 5 r nicht überschreiten.Um die Strahlengefährdung grösserer Bevölkerungskreise auf ein Mindestmass herabzusetzen,empfiehlt die Kommission ,für die Gesamtbevölkerung keine höhere Strahlenbelastung als 10 % derjenigen zuzulassen,die für Personen in Strahlenbetrieben vorgesehen ist.Die Kommission setzt weiter die höchstzulässige Strahlenbelastung von Personen in Strahlenbetrieben für ein Generationsalter,angenommen wird 30 Jahre,auf 50 r fest.Dieser Wert entspricht der oberen Grenze der als Verdoppelungsdosis angesehenen Strahlenmenge.Für die Gesamtbevölkerung selbst gilt der Wert von 15 r /Generation.Damit nähert sich dieser Dosiswert sehr erheblich dem von manchen Genetikern geforderten höchstzulässigen Wert von 10 r in 30 Jahren (L a n g e n d o r f f)(18).

Schliesslich wäre es nicht zu vergessen,dass häufige kleine Strahlendosen bei vielen Personen für den Genbestand einer Population die gleiche Gefährdung bedeuten,wie eine hohe Dosis bei wenigen Personen,wenn das Produkt aus Personenzahl und Dosis dasselbe ist (M a r t i u s)(22).

III. Bisherige Untersuchungen der Schuhdurchleuchtungsapparate in verschiedenen Ländern

1. In Deutschland

Die Ergebnisse der amtlichen Prüfungen von Schuhdurchleuchtungsapparaten in Deutschland werden in einem weiteren Kapitel (IV/3) behandelt.
In der einzigen Arbeit,die bis jetzt in Deutschland veröffentlicht wurde,berichten S c h a r d t und M ü l l e r (36) über Ergebnisse der von ihnen durchgeführten Strahlenschutzmessungen an 10 Schuhdurchleuchtungsapparaten :-

Die Anschlusswerte der Röntgenröhren an den untersuchten Geräten betrugen 40-65 kV und 2-10 mA . Die maximalen Dosisleistungen an den Seitenwänden und an der Rückwand wurde von den Autoren zu 70 mr/h gemessen,an der Vorderwand 120 mr/h . Die Messungen an der Vorderwand des Gerätes in 0,8 m Höhe (ungefähr die Gonadenhöhe) in 0,5 m bzw. 1 m Entfernung ergaben eine Dosisleistung von 70 bzw. 90 mr/h . Messwerte an den Beobachtungsöffnungen waren sehr klein,in einem Falle betrug die Leistung allerdings ca. 20 mr/h .

Nach längeren Gesprächen mit den Geschäftsinhabern haben S c h a r d t und M ü l l e r festgestellt,dass eine Verkäuferin im Höchstfalle dreimal in der Stunde am Gerät tätig sei. Beobachtungen hierüber während des Aufenthaltes der Autoren in den Schuhgeschäften bestätigten diese Angabe.

Eine Einschaltdauer von 10 sec pro Durchleuchtung, 3 Durchleuchtungen in der Stunde und 48 Arbeitsstunden in der Woche angenommen,wäre die Verkäuferin pro Woche 10 x 3 x 48 = 1440 sec , das sind 0,4 h der Strahlenbelastung ausgesetzt.Bei einer Dosisleistung von 120 mr/h wäre dann die Strahlenbelastung 48 mr/Woche und bei einer Dosisleistung von 70 mr/h 28 mr/Woche . Nach Literaturangaben und Messungen der PTB beträgt die Dosisleistung im Durchleuchtungsraum 1000-1500 r/h .

S c h a r d t und M ü l l e r haben daraus berechnet,dass bei einer Durchleuchtungszeit von 10 sec. der Kunde eine Strahlendosis von 3-4 r an seine Füsse bekommen würde.

S c h a r d t und M ü l l e r weisen darauf hin,dass die Strahlenbelastung der Verkäuferinnen in Schuhgeschäften weit unter der höchstzulässigen Dosis von 0,3 r/Woche liege.Es sei aber unbedingt zu vermeiden,dass die Verkäuferinnen ihre eigenen Füsse durchleuchten,um den Kunden zu zeigen,wie der Schuh an ihren Füssen sitze.Ihre Füsse würden nämlich dann bei jeder Durchleuchtung einer Strahlenbelastung von 3-4 r ausgesetzt sein,die wiederum höher liege als die zulässige Wochendosis an den Füssen bzw. an den Beinen von nur 1,5 r/Woche . Aus demselben Grund hat die PTB empfohlen,dass sich der Kunde nach einer einmaligen Durchleuchtung erst nach einer entsprechenden Anzahl von Wochen erneut durchleuchten lassen dürfe.

2. In Dänemark

Aus Dänemark ist ein Fall berichtet,wo der Autor glaubt,eine Röntgendermatitis infolge der Bestrahlung aus einem Schuhdurchleuchtungsapparat festgestellt zu haben (K o p p)(17).Die Patientin war seit 10 Jahren in einem Schuhgeschäft angestellt, wo ein Schuhdurchleuchtungsgerät im Betrieb war.Sie wurde wegen einer ulcerierenden Dermatitis am Fuss im Krankenhaus behandelt, wonach Untersuchungen des betreffenden und eines anderen ähnlichen Apparates unternommen wurden.Dabei wurde festgestellt, dass die Patientin den Apparat täglich 15-20 mal betätigte. Gelegentlich hätte sie dabei zuerst ihre eigenen Füsse in den Apparat gestellt,wenn ein jugendlicher Kunde Angst davor bekam, um zu zeigen,dass 'es doch nicht weh täte'.Die Angestellten würden manchmal die neuen Modelle im Apparat an eigenen Füssen anprobieren.Es ergab sich,dass der Apparat eine Dosisleistung von 9,2 r/min hatte.Die Dauer einer Durchleuchtung wurde als 30-40 sec angenommen.Ohne irgendeine Hautdosis an den Füssen festzulegen,geht der Autor zu dem Thema der genetischen Belastung über,und deutet darauf hin,dass die Strahlen an Gonaden wegen Mutationsmöglichkeiten schädlich sein können.Er stellt weiter fest,dass die Strahlenintensität am Bauch des erwachsenen Kunden ca. 1 r/min beträgt,was nach den physikalischen

Gesetzen bei Kindern höher anzunehmen wäre und behauptet,dass für den Fötus eine Leukämie- und Krebsgefahr besteht,wenn eine Schwangere sich von diesem Apparat durchleuchten liesse.Die hohe Dosis führt er auf einen Fehler in der Filterung zurück. Mit den beiden Apparaten würden jährlich 60 000 Kunden durchleuchtet.

3. In England

In dem Bericht der British Medical Research Council,"The Hazards to Man of Nuclear and Allied Radiations",1956,ist kurz erwähnt, dass die Beteiligung der Schuhdurchleuchtungsapparate in der Gesamtstrahlenbelastung der Bevölkerung weniger als 0,1 % beträgt. Dr. B i n k s (6),der diesen Kapitel des Berichtes bearbeitet hat,erläutert diese Schlussfolgerung :-

Die Gesamtstrahlenbelastung der Gonaden durch Schuhdurchleuchtungsapparate beträgt in England jährlich etwa 1800 r . Dabei sind die unmittelbare Bestrahlungen der Kunden und der Verkäufer während der Betätigung der Geräte und die sonstige an sich sehr geringe Bestrahlung der Kunden während eines um 15 min geschätzten Aufenthaltes im Schuhgeschäft,und der Verkäufer während der Geschäftszeit ins Auge gefasst worden.Die ermittelten Werte sind :

a) für das weibliche Personal (angenommen,dass sie alle fruchtbar sind) indirekt festgestellt (die Gewebsschicht zwischen der Körperoberfläche und den Ovarien als 7 cm angenommen)	500	r/Jahr
b) für das männliche Personal (die Dosis liegt an sich viel höher; das Endergebnis ist aber niedriger,weil weniger Männer als Frauen als Verkäufer tätig sind)	700	r/Jahr
c) für weibliche Kunden (Alter 0-28 Jahren)	50	r/Jahr
d) für männliche Kunden (Alter 0-28 Jahren)	500	r/Jahr

Dr. D y s o n (10) von der United Kingdom Atomic Energy Authority äussert die Meinung,dass das genetische Risiko der Bevölkerung vernachlässigbar sei,jedoch ein persönliches Risiko bestehe.

S t e w a r t , W e b b , G i l e s , H e w i t t (46) berichten von einer statistischen Untersuchungsreihe,wobei versucht wurde,durch Befragung der Eltern auf den britischen Inseln an malignen Bluterkrankungen gestorbener Kinder festzustellen,ob und inwieweit die diagnostischen Röntgendurchleuchtungen in utero und nach der Geburt bei diesen Krankheiten eine Rolle gespielt haben könnten.Es wurden dabei auch die Durchleuchtungen mit den Schuhanpassungsgeräten einbezogen.Von jeweils 547 Krankheitsfällen und Kontrollpersonen wurden 95 bzw. 98 irgendwann im Leben in einem Schuhanpassungsapparat durchleuchtet.Es geht also nicht an zu behaupten,dass diese Durchleuchtungen bei den malignen Erkrankungen irgendeine Rolle gespielt haben.Man kann aber aus den Zahlen ungefähr entnehmen, inwieweit diese Apparate in England beim Schuheinkauf von Kindern benutzt werden: Ungefähr 18 % der für Kinder gekauften Schuhe werden mit Schuhdurchleuchtungsgeräten angepasst.

Aus einem Zeitungsbericht wurde uns neuerdings bekannt,dass das britische Innenministerium ab 1. Juli 1958 neue Vorschriften für die Verwendung der Schuhdurchleuchtungsapparate erlassen hat.Danach müssen die noch in Betrieb befindlichen alten Apparate technisch modernisiert werden.Sie dürfen nur von geschultem Personal betätigt werden und müssen Warnschilder tragen,welche die Kunden vor mehr als 12 Durchleuchtungen im Jahr warnen.Diese Massnahmen wurden nach dem Bericht des British Medical Research Council angeordnet und stimmen mit den Vorschriften der American Standards Association überein.

4. In Kanada

S o w b y (44) aus Kanada schliesst sich den Empfehlungen der "American Conference of Governmental Industrial Hygienists , 1951" an und stellt fest,dass die in Amerika verwendeten Geräte die Füsse mit einer Dosisleistung von 12 r/min bei einem 1 mm-Al-Filter bestrahlen.Er äussert die Meinung,für eine Durchleuchtung wäre eine Zeitspanne von 5 sec ausreichend, und rät den Einbau von Zeituhren an.Auch in Kanada sollen bei einem Schuhkauf nicht mehr als 3 Durchleuchtungen stattfinden, im ganzen Jahr nicht mehr als 12 . Die maximale Dosis auf die Füsse beträgt so 12 r . Die Durchleuchtung soll niemals ohne

Schuhbekleidung ausgeführt werden.Entsprechende Warnschilder sind an allen Geräten anzubringen.

5. In den USA

Die Amerikaner haben sich mit den Schuhdurchleuchtungsgeräten am eingehendsten beschäftigt.Es liegen uns mehrere Berichte vor,die von den staatlichen uns städtischen Behörden wie auch von Wissenschaftlern zusammengefasst sind.

Schuhdurchleuchtungsapparate werden in den USA seit 30 Jahren benutzt; wissenschaftliche Untersuchungen über die Röntgenstrahlendosis wurden aber erst kürzlich veröffentlicht (L e w i s - C a p l a n)(21).

Die Apparate haben meistens eine Röntgenröhre für 50 kV und 3-8 mA . Die Strahlen sind durch einen Aluminium-Filter von 1 mm gefiltert.Die Gehäuse sind mit Blei oder Stahl abgedichtet.Die Entfernung Fokus-Fussohle beträgt 7,5 - 20 cm . Die Durchleuchtungsdauer liegt zwischen 5 und 45 sec , meistens bei 20 sec . Die Apparate werden meist automatisch abgeschaltet (W i l l i a m s)(53).

In den USA sind ca. 10 000 Schuhdurchleuchtungsapparate im Betrieb (R a t c l i f f)(31).Von den 2200 Apparaten,die um 1951 von 40 staatlichen und städtischen Behörden untersucht wurden,stimmten 2/3 mit den Anordnungen nicht überein (I n d u s t r i a l M o n t h l y)(19).

Die Strahlenschutzanordnung der American Standards Association (ASA) für Schuhdurchleuchtungsapparate von 1946 (3) legt die Zahl der Durchleuchtungen für Kunden täglich auf 3 , jährlich auf 12 fest.Die 'tolerance dose',also die noch als erträglich angesehene Dosis der Streustrahlung war damals auf täglich 0,1 r festgesetzt.Der Kunde dürfte pro Durchleuchtung nicht mehr als 2 r an die Füsse bekommen.Die Strahlenbelastung des Bedienungspersonals dürfte 12,5 mr/h nicht überschreiten.

Das Gesundheitsamt der Stadt New York hat 1948 die maximale Strahlenbelastung des Personals auch auf 12,5 mr/h festgesetzt.(26)
Das Gesundheitsamt der Stadt Detroit und das Arbeits- und Industrieamt des Staates Massachusetts ordneten an,dass die

maximale Strahlenintensität bei direkter Bestrahlung 12 mr/min, und die maximale Durchleuchtungsdauer 5 sec nicht überschreiten dürfen.(53)

1951 hat die American Conference of Governmental Industrial Hygienists (2) niedrigere Dosen empfohlen und zwar pro Durchleuchtung für Männer 1,0 , für Frauen 0,8 und für Kinder 0,7 r. Nach dieser Anordnung darf der Kunde sich am gleichen Tag nicht mehr als 5 , und im Jahr nicht mehr als 20 mal durchleuchten lassen.Das Bedienungspersonal darf nicht höher als mit 12,5 mr/h belastet werden.Die Konferenz beurteilt die Apparate als unnötig und unerwünscht und betonte ausdrücklich,sie wolle auf keinen Fall andeuten,dass die wiederholte Benutzung der Apparate keine Spätschädigungen hervorrufen könne.

Die Strahlendosis an den Füssen ist von verschiedenen Autoren folgenderweise angegeben :- (gemessen im Schuh)

Maximale Werte : 116 - 16 r/20 sec Durchleuchtung
Minimale " : 3 - 10 r/20 sec " "
Mittelwerte : 7 - 14 r/20 sec " "

(W i l l i a m s , L e w i s - C a p l a n , F r e d e r i c k - S m i t h , D i l i n g h a m - S t a l k e r , H e m p e l m a n n , S o e t)(53,21,12,9,14,43).

Die Dosis an Kunden in der Gonadengegend wurde von D i l i n g h a m (9) als 0,1 - 0,5 r/min (0,02 - 0,1 r/20 sec Durchl.) gemessen.Die "Beckendosis" ist von M o e l l e r - D a d e - T e r r i l - I n g r a h a m (24) als 0,03 - 0,17 r/20 sec Durchl. angegeben.

In den USA werden 30 000 - 40 000 Angestellte in Schuhgeschäften von den Streustrahlen aus Schuhdurchleuchtungsapparaten chronisch belastet.Film-Dosimeter-Messungen bei 77 Angestellten ergaben folgende mittelwerte :-

In der Hosentasche : 7 mr/Woche
Im Hosenaufschlag : 15 mr/Woche

(L e w i s - C a p l a n)(21).

W i l l i a m s (53) gibt an,dass die Belastung der Angestellten unter 0,1 r/Tag liege.

Messungen in verschiedenen Entfernungen von Apparaten ergaben, dass die Strahlung an Orten,wo die Verkäufer tätig sind,um 200 mr/h liegt.Der Verkäufer würde dann bei einer 30 sec -

Durchleuchtung ca. 1,7 mr an die Körperoberfläche bekommen (F r e d e r i c k - S m i t h)(12).Um die Apparate herum sind in Kansas,Kentucky und Texas maximale Werte von 1300 , 97 500 bzw. 8500 mr/h gemessen worden. L e w i s - C a p l a n (21) haben an den Fussöffnungen verschiedener Apparate einen Dosismittelwert von 247,8 mr/min festgestellt.

Verschiedene Autoren berichten,dass in Amerika bis jetzt keine klinischen Feststellungen der Strahlenschäden im Zusammenhang mit Schuhdurchleuchtungsapparaten gemacht wurden (A M A , L e w i s - C a p l a n)(42,21).Die Möglichkeit der Wachstumsstörungen und der Blutkrankheiten als Folge wiederholter Durchleuchtungen wird immer wieder angedeutet (H e m p e l m a n n , M i l l e r , L e w i s - C a p l a n)(14,23,21).

6. Zusammenfassung

Von den hier zusammengefassten Untersuchungen befasst sich nur die Englische mit der genetischen Belastung der Bevölkerung. Die Arbeit hat aber wenig wissenschaftliche Unterlagen; die Ergebnisse sind dabei nur rechnerisch ermittelt.Die restlichen Arbeiten haben sich fast nur auf die Messungen bezüglich der somatischen Effekte beschränkt und das Problem der genetischen Belastung der Bevölkerung vernachlässigt.

IV. Schuhdurchleuchtungsapparate

1. Technische Einzelheiten

Im Zulassungsschein der Physikalisch-Technischen-Bundesanstalt (PTB) für ein "Pedoskop" der Firma Altenkirch ist der Schuhdurchleuchtungsapparat folgenderweise beschrieben (29) :-

"Die offene Röntgenröhre und der Transformator befinden sich in dem Unterteil eines Holzgehäuses,dessen übrige Seiten bis auf die oben liegende Strahlenaustrittsöffnung mit 1 mm starkem Bleiblech zum Zwecke des Strahlenschutzes ausgekleidet sind.Im Oberteil des Holzgehäuses befindet sich ein auf allen vier Seiten mit 1 mm starkem Bleiblech verkleideter Rahmen, der den Leuchtschirm und die Bleiglasscheibe (Bleigleichwert gemäss Bauartzeichnung : 1,8 mm Pb bei 180 kV) trägt.An der Vorderseite des Oberteiles ist die Schuheintrittsöffnung,an der Bleigummilappen (Bleigleichwert gemäss Bauartzeichnung : 1,6 mm Pb) befestigt sind.Das direkte,nach oben gerichtete Strahlenbündel wird durch 1 mm starkes Aluminium gefiltert". Das Leuchtschirmbild kann durch 3 Einblicksöffnungen am oberen Ende des Gerätes beobachtet werden.Etwas tiefer gelegen als diese Einblicksöffnungen ist ein zusätzliches Guckloch für Kleinkinder.
Diese Beschreibung kann man ohne weiteres als für alle Schuhdurchleuchtungsapparate gültig annehmen.Die Seiten- und Frontalansichten eines solchen Apparates sind in Abbildung 1 (Seite 26) zu sehen.

2. Gesetzliche Bestimmungen

Die Schuhdurchleuchtungsapparate fallen nach einer vom Bundesarbeitsministerium im Einvernehmen mit der Deutschen Röntgengesellschaft getroffenen Festlegung seit Oktober 1952 unter die "Verordnung zum Schutze gegen Schädigungen durch Röntgenstrahlen und radioaktive Stoffe in nichtmedizinischen Betrieben" (die sog. 'Röntgenverordnung'),vom 7. Februar 1941,veröffentlicht im Reichsgesetzblatt I , 1941 , in der Fassung der

Änderungsverordnung vom 17. Januar 1942 , veröffentlicht im Reichsgesetzblatt I , 1942 , Seite 31 (48).

Bis zum Jahre 1952 waren die Schuhdurchleuchtungsapparate zu den medizinischen Röntgeneinrichtungen gerechnet und unterlagen der Gewerbeaufsicht nicht,weil es sich auch bei ihrer Benutzung um Durchleuchtungen am Menschen handelt.Der Betrieb dieser Geräte entspricht aber nach den Gesamtumständen der nicht-medizinischen,also technisch-gewerblichen Anwendung der Röntgenstrahlung.Aus diesem Grunde zählen sie in der neuen Fassung der sog. 'Röntgenordnung' der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) Braunschweig vom 3.Oktober 1952 und 23. Januar 1954 zu den nicht-medizinischen Röntgeneinrichtungen und stehen unter Meldepflicht und Gewerbeaufsicht.

Die Geräte müssen einer Bauartprüfung bei der PTB Braunschweig unterzogen werden.Sie erhalten dann ein Strahlenschutz-Zulassungszeichen,das als Voraussetzung für die Zulassung gilt und das vom Hersteller an jedem einzelnen Gerät angebracht werden kann,wenn es dem geprüften Modell hinsichtlich Strahlenschutz voll entspricht.Hierfür trägt er selbst die Verantwortung.

Bei der Bauartprüfung der PTB werden die folgenden Regeln der 'Röntgenverordnung'(48) für die Schuhdurchleuchtungsapparate berücksichtigt :-

a) Auf der Vorderseite darf die Dosisleistung in 1,5 m Entfernung von der Mitte der Schuheintrittsöffnung 10 /ur/sec nirgends überschreiten.

b) Auf allen anderen Seiten darf die Dosisleistung unmittelbar an den Aussenflächen 10 /ur/sec nicht überschreiten.

c) Das direkte Strahlenbündel muss durch Aluminium von wenigstens 0,5 mm Dicke oder äquivalentes Filter gefiltert werden.Im Schuhdurchleuchtungsraum darf eine Dosisleistung von 25 r/min nicht überschritten werden.

d) Der Schalter zur Betätigung der Durchleuchtungseinrichtung muss auf der Rückseite des Apparates gelegen sein.Beim Loslassen des Schalters muss die Durchleuchtungseinrichtung ausser Betrieb gesetzt werden,sofern nicht ein Zeitrelais vorgesehen ist,das die Spannung spätestens nach 15 sec selbsttätig abschaltet.

3. Ergebnisse einiger amtlichen Prüfungen der SDA

Unten (Tabelle 2) sind die bei den PTB-Bauartprüfungen ermittelten Dosisleistungen verschiedener Schuhdurchleuchtungsapparate zusammengestellt, die uns von Herrn Regierungsrat Dr. H ü b n e r , PTB Braunschweig, Abteilung VI, freundlicherweise mitgeteilt wurden (16). Die Spannungs- und Stromwerte beruhen auf den Angaben der Hersteller, während die Dosisleistungen im Schuhdurchleuchtungsraum bei der PTB gemessen und die Abstände den eingereichten Zeichnungen entnommen wurden. Es ist aber fraglich, inwieweit die restlichen Geräte gleicher Bauart, die laut 'Röntgenverordnung' von der PTB nicht geprüft zu sein brauchen, mit diesen von den Herstellern vorgelegten Mustern übereinstimmen.

U	I	Dosisleistung	Fokus-Objekt (d_1)	Objekt-Schirm (d_2)
kV	mA	r/min	cm	cm
40	8	24	16	13
50	3	4,4	25	12
40	4	10	17	10
40	8	19	16	13
60	5	10/16[x]	27	15
60	4	17	25	10
38	6	16	16	12
55	5	7/10/14[x]	15	13
60	?	13	20	10

x) Bei den Apparaten mit besonderen Schaltern, mittels deren die Röhrenspannung bzw. der Röhrenstrom kurzzeitig erhöht werden können, sind 2-3 Werte angegeben.

Tab.2 : Dosisleistungen verschiedener Schuhdurchleuchtungsapparate, nach PTB Braunschweig (16)

Bei der Prüfung eines "Pedoskops" der Firma Altenkirch im Jahre 1930 von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt Berlin, wurde festgestellt, dass die Dosisleistung an der Rückwand und an den Seitenwänden, also dort wo das Bedienungspersonal zu stehen pflegt, an keiner Stelle höher lag als 10 r/sec . Dagegen betrug die Strahlung unmittelbar vor der Fusseintrittsöffnung etwa 0,75 mr/sec . An der Vorderseite war die Strahlung in 1 m Entfernung nicht mehr als 10 r/sec.

Die Messung im direkten Strahlengang ergab eine Dosisleistung von etwa 0,3 r/sec (18 r/min) an der Fussohle ohne Schuh.(30)

Bei den Messungen an einem neueren "Pedoskop",durchgeführt im Jahre 1950 von der Röntgenstelle beim Materialprüfungsamt Berlin,wurde an den Einblicksöffnungen und an Seiten- und Rückwand k e i n e Strahlung nachgewiesen.In 1 m Abstand vor der Gerätevorderseite war die Dosisleistung in Gonadenhöhe bei einer Durchleuchtung von 9 sec 1,5 µr (0,17 µr/sec). Nach Angaben des Geschäftsführers der betreffenden Verkaufsstelle wurden täglich maximal 400 Durchleuchtungen vorgenommen,entsprechend einer täglichen Gesamteinschaltzeit von einer Stunde.Danach würde eine ca. 1 m vor dem Gerät ständig sich aufhaltende Person (etwa Kassiererin) im ungünstigsten Falle eine Tagesdosis von 0,0054 r oder eine Wochendosis von 0,032 r (1/10 der höchstzulässigen Dosis) erhalten haben.(35)

Der Landesgewerbearzt beim Badischen Ministerium der Wirtschaft und Arbeit hat im Jahre 1950 nach einer Begutachtung von Herrn Professor Langendorff,Direktor des Radiologischen Instituts der Universität Freiburg,bestätigt,dass ein von ihm geprüftes "Pedoskop" keine Gefährdung des bedienenden Personals mit sich bringe (1).
Die Ergebnisse der Bauartprüfung eines "Pedoskops" von der PTB im Jahre 1956 waren wie folgt (29): Die Dosisleistung beträgt auf der Vorderseite in 1,5 m Entfernung von der Schuheintrittsöffnung 4 µr/sec , an allen übrigen Seiten unmittelbar an den Aussenflächen weniger als 5 µr/sec , im Durchleuchtungsraum in direkter Strahlung 24 r/min . Die Spannung wird nach ca. 10 sec selbsttätig abgeschaltet.Daraus folgt, dass die Dosis im Schuhdurchleuchtungsraum nach einer Durchleuchtung 4 r beträgt.Die höchstzulässige Strahlendosis von 0,3 r/Woche wird in 1,5 m Entfernung von der Schuheintrittsöffnung nach 75 000 sec erreicht,das sind in der Woche 7500 Durchleuchtungen zu 10 sec . Auf der Rückseite,sowie auf der rechten und linken Seite wird die Wochendosis von 0,3 r nach 60 000 sec erreicht,das sind in der Woche 6000 Durchleuchtungen zu 10 sec .

Aus den oben kurz zusammengefassten Ergebnisse der verschiedenen amtlichen Prüfungen,die uns von der Firma Altenkirch

freundlicherweise zur Verfügung gestellt wurden,ist zu sehen, dass bei allen Untersuchungen nur die Belastung des Bedienungspersonals berücksichtigt war.

4. Zahl der SDA in Deutschland , Herstellerfirmen

In Deutschland werden die Röntgenapparate zur Schuhdurchleuchtung in Einzelhandelsgeschäften seit etwa 30 Jahren verwendet.Im ganzen Bundesgebiet sind insgesamt etwa 1500 "Pedoskop"-Röntgen-Apparate (der Name "Pedoskop" ist ein gesetzlich geschütztes Warenzeichen) im Betrieb,die seit 1949 in Westdeutschland von der Firma Wilhelm Altenkirch und Sohn,Uelzen/Hann.,hergestellt wurden.Aus der Vorkriegsfertigung der gleichen Firma bestehen noch etwa 300 Apparate.(A l t e n k i r c h)(1)

Seit 5 Jahren stellen auch andere Firmen Schuhdurchleuchtungsgeräte her :-

Firma S c h e l m e r , Hagen-Westfalen
Firma N a g e l u. G o l l e r , Kiel
Firma E h r e t , Freiburg
Firma E n g e l b e r g e r , Landshut-Bayern
Firma R o e m e d a , Uelzen-Hann.
Firma B e r g e r , München

(A l t e n k i r c h , E h r e t)(1,34).Daraus wäre anzunehmen, dass im Bundesgebiet aus verschiedenen Fabrikaten etwa 2000 Schuhdurchleuchtungsgeräte betrieben werden.

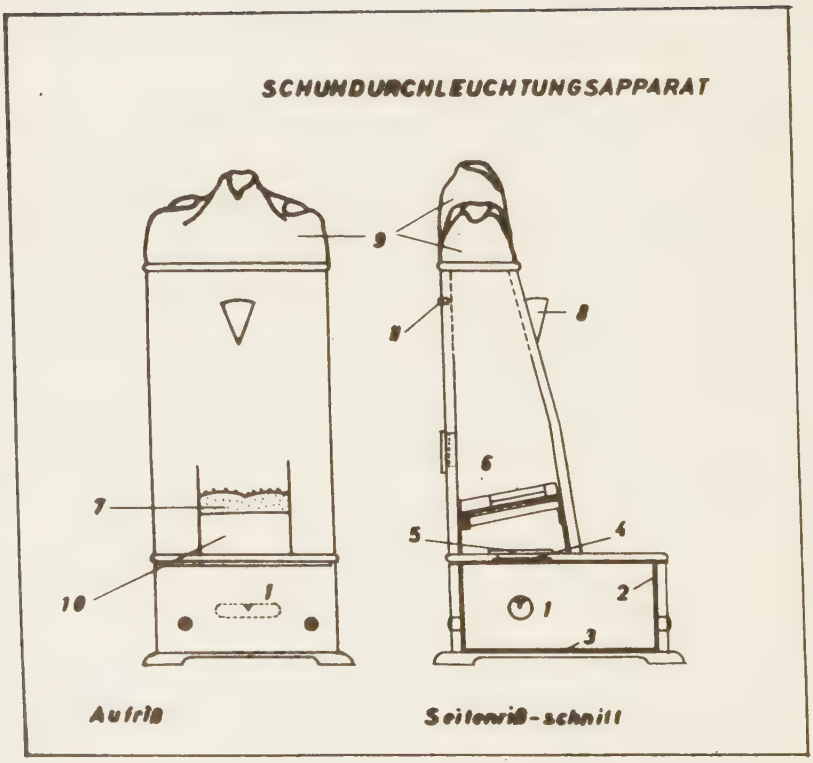

Abb.1 : Schuhdurchleuchtungsapparat

1. Röntgenröhre
2. Bleiausschlag
3. Eisenblech
4. Aluminium-Filter 1 mm
5. Kunststoff-Auftrittsplatte
6. Leuchtschirm
7. Bleigummischürze
8. Guckloch für Kleinkind
9. Einblicksöffnungen
10. Schuheintrittsöffnung
11. Schalter

V. Eigene Untersuchungen von Schuhdurchleuchtungsapparaten

Unsere Untersuchungen waren in 2 Teile gegliedert :-
1. Die statistischen Untersuchungen über den Schuhumsatz im Einzelhandel und die Frequenz der Benutzung der Schuhdurchleuchtungsapparate,
2. die Messungen der Strahlendosis an Kunden und Verkäufern und der Leistungen verschiedener Schuhdurchleuchtungsapparate.
Sie brachten uns zu den Zahlen,die für unsere Berechnungen der genetischen Belastung der Bevölkerung erforderlich waren.

1. Statistische Untersuchungen

a) Zahl der Firmen mit SDA in München und in Bayern
In Bayern sind bei 49 Firmen Schuhdurchleuchtungsapparate im Betrieb,davon 17 in München.Diese Zahl,die das Bayerische Landesinstitut für Arbeitsmedizin uns freundlicherweise mitteilte,kann etwas höher liegen,da die Möglichkeit besteht,dass nicht alle Apparate gemeldet sind,obwohl sie laut deutscher 'Röntgenverordnung' unter Meldepflicht stehen.

b) Frequenz der Schuhdurchleuchtungen
Die Untersuchungen ergaben,dass fast jedes grössere Schuhgeschäft in München mindestens einen solchen Apparat besitzt. Einige grosse Geschäfte haben 2 bis 4 Geräte in verschiedenen Stockwerken.Die Frequenz der Schuhdurchleuchtungen ist aber nicht abhängig von der Zahl der Apparate in einem Geschäft.Je nach der Schuhsorte verteilen sich nämlich die Kunden in verschiedenen Stockwerken,und der Apparat auf dem betreffenden Stockwerk wird nur von dieser bestimmten Kundengruppe (Kinder, Damen,Herren,Sportler,usw.) benutzt.Daraus folgt,dass die Frequenz bei den einzelnen Apparaten in einem Geschäft niedriger liegt als die Frequenz bei dem einzigen Apparat eines anderen Geschäftes.
Bei den Geschäften mit 2 Stockwerken,aber nur mit einem Apparat

liegt die Frequenz niedriger,weil der Kunde für eine Schuhdurchleuchtung die Treppen nicht gerne hinauf- bzw. hinabsteigt.Der betreffende Apparat wird dann praktisch nur von den Kunden benutzt,die im gleichen Stockwerk Schuhe kaufen.

Auf einem Stockwerk,wo Skistiefel oder Kinderschuhe verkauft werden,liegt natürlich die Durchleuchtungsfrequenz höher als auf den anderen Stockwerken: Es ist nämlich schwieriger festzustellen,ob die Stiefel richtig passen oder nicht,weshalb der Apparat zur Hilfe gezogen wird.Andererseits ist das Kind häufig zufrieden,wenn die neuen Schuhe ihm äusserlich gefallen; deshalb sagt es nicht,ob die Schuhe richtig sitzen,und davon wollen sich die Eltern dann im Gerät überzeugen.

Die Frequenz ist weiter abhängig von der Jahreszeit.Bei leichten Sommerschuhen wird im allgemeinen weniger durchleuchtet als bei schweren Winterschuhen.Aus der Tatsache,dass im Sommer der Schuhumsatz höher ist als im Winter,wird dieser Frequenzunterschied noch deutlicher.

Der Kunde selbst verlangt eine Durchleuchtung selten.Die Frequenz ist also von der Bereitschaft der Verkäuferinnen für eine Durchleuchtung weitgehend abhängig; diese wird wiederum von der Haltung der Geschäftsleitung beeinflusst.

Beim Hochbetrieb an bestimmten Tagen und Tageszeiten (z.B.Samstag nachmittags) werden,nach Angaben der Geschäftsleiter,die Apparate weniger benutzt: die Verkäuferinnen haben sehr viel zu tun,wollen jeden Kunden möglichst schnell bedienen und verzichten deshalb öfters auf eine Durchleuchtung.Mit der Zunahme des täglichen Umsatzes nimmt also die Durchleuchtungsfrequenz prozentual ab.

c) Ergebnisse der statistischen Untersuchungen

Wir haben bei 3 Schuhfirmen an verschiedenen Tagen und Tageszeiten 4 statistische Untersuchungsreihen durchgeführt.Es wurde jeweils die Zahl der innerhalb von 2 Stunden verkauften Schuhe festgestellt und in 3 Gruppen,Kinder,Frauen und Männer, geordnet.Gleichzeitig wurden die Durchleuchtungen mit den im Geschäft befindlichen Schuhdurchleuchtungsapparaten gezählt und das Geschlecht und das geschätzte Alter der Kunden notiert. Wiederholte Durchleuchtungen wurden einzeln gezählt; bei der

Berechnung der genetischen Belastung spielt es ja keine Rolle, ob zwei Durchleuchtungen an zwei Personen oder an einer Person gemacht worden sind.Alle geprüften Geräte waren auf eine Durchleuchtungsdauer von 8 Sekunden eingestellt und schalteten danach automatisch ab.Die 8 Sekunden wurden von den Kunden für die Durchleuchtung immer voll benutzt.Wiederholte Durchleuchtungen waren gering.(Tabellen 3,4,5,6)

Die Ergebnisse wurden dann folgenderweise ausgewertet :-

1. Die Kunden wurden in 3 Gruppen eingeteilt:

Kinder bis 14 Jahren
Frauen ab 14 Jahren
Männer ab 14 Jahren

Die Beteiligung dieser Gruppen an der Durchleuchtungsfrequenz wurde dann prozentual ausgerechnet.Es kam dabei heraus,dass

Kinder mit 41 % ,
Frauen " 28 % ,
Männer " 31 % beteiligt waren.(Tabelle 7)

Das Ergebnis zeigt deutlich die hohe Beteiligung der Kinder an Schuhdurchleuchtungen.

2. Die Kunden wurden nach Alter und Geschlecht in 5 Gruppen eingeteilt:

1. Mädchen bis 14 Jahren
2. Knaben " 14 Jahren
3. Frauen von 14 bis 35 Jahren
4. Männer " 14 " 40 "
5. Frauen und Männer über 35 bzw. 40 Jahren

Bei der Gruppierung wurde das sog. "Generationsalter" berücksichtigt.Für das weibliche Geschlecht wurde es als 0-35 , für das männliche 0-40 Jahren angenommen; die zwei Hauptgruppen wurden dann wieder jeweils in zwei Untergruppen geteilt: Kinder und Erwachsene.In unserem Fall war diese Teilung unbedingt erforderlich; erstens sind nämlich die Kinder bei den Schuhdurchleuchtungen mehr beteiligt und zweitens liegt die "Gonadendosis" bei Kindern wesentlich höher als bei Erwachsenen,wie in den weiteren Kapiteln zu sehen ist.Als Generationsalter wurde nicht die im Schrifttum allgemein übliche Zeitspanne von der Geburt bis zum Alter von 30 Jahren,sondern aus den folgenden Überlegungen von S e e l e n t a g (39) für das weibliche Geschlecht 0-35 und für das männliche 0-40 Jahren angenommen:

"Das Limit für das Generationsalter bei 30 Jahren zu setzen,

scheint nicht angängig zu sein,obwohl nach den Ermittlungen des Bayerischen Statistischen Landesamtes das durchschnittliche Alter der Väter 32,2 , das der Mütter 29,0 ,das der Eltern insgesamt 30,6 Jahre beträgt.Alle genetischen Berechnungen gehen davon aus,dass es unter dem betrachteten Kollektiv zu einer völligen Durchmischung kommt.Dies ist in Deutschland aber mit Sicherheit nicht der Fall.Zunächst bestehen doch merkbare regionale Grenzen; Eheschliessungen finden grossenteils innerhalb der Bewohner der einzelnen Regionen statt und sehr viel weniger unter Bewohnern verschiedener Regionen.Damit ist gesagt,dass eine angenommene höhere Strahlenbelastung einer bestimmten Gegend,durch gesellschaftliche Struktur und Art der Bevölkerung bedingt,sich durchaus nicht auf die Gesamtbevölkerung des Landes oder Staates verteilt.Noch wichtiger aber ist, dass Ehen in der Mehrzahl innerhalb bestimmter gesellschaftlicher oder beruflicher Schichten geschlossen werden,man denke nur an die so häufigen Ehen unter Ärzten oder Ärzten und technischen Assistentinnen.Eine höhere Strahlenbelastung einzelner gesellschaftlicher Schichten wird sich also ebenfalls in ihrer genetischen Auswirkung nicht gleichmässig oder annähernd gleichmässig auf die Gesamtbevölkerung verteilen.Man müsste demnach eigentlich die Strahlenbelastung für die einzelnen Gesellschaftsschichten und die einzelnen Regionen jeweils getrennt ermitteln.Das wird selbstverständlich kaum möglich sein.Bei der gesellschaftlichen Schichtung lässt sich aber ein Punkt ohne weiteres berücksichtigen,nämlich der,dass das mittlere Alter der Eltern bei Geburt ihrer Kinder,vor allem das des Vaters,in manchen Schichten deutlich höher liegt als in anderen.Jedenfalls müssen wir den Berechnungen das höchste Generationsalter der verschiedenen Gruppen zugrunde legen,um den Einfluss von mutationsauslösenden Noxen auf Gesellschaftsschichten zu beurteilen,die zwar nicht an Quantität,aber an Bedeutung einen entscheidenden Teil des Volkskörpers ausmachen.Die Statistiken über die soziale Stellung der Väter in Bayern zeigen,dass die Mehrzahl der jüngeren Väter aus den Kreisen der Arbeiter kommen,während Väter über 40 Jahre vorwiegend von der Gruppe der Selbständigen gestellt werden.Für die Mütter ist eine solche Aufgliederung nach Berufsgruppen nicht erhältlich; wir dürfen

aber annehmen,dass auch hier,wenn auch nicht so deutlich,Unterschiede vorhanden sind.Nunu wird durch die Massnahmen der Röntgendiagnostik gerade die Altersgruppe der 30- bis 40jährigen nicht unerheblich belastet; vor allem bei Frauen machen sich hier Verbrauchserscheinungen mit erhöhter Krankheitsfrequenz schon bemerkbar.Wenn wir also die spezielle Belastung bestimmter und genetisch bedeutsamer Bevölkerungsanteile annäherungsweise erfassen wollen,werden wir am besten für Männer ein Generationszeitalter bis zu 40 , für Frauen ein solches bis zu 35 Jahren annehmen.Dass für beide Geschlechter die Belastung getrennt errechnet werden muss,ist wegen der unterschiedlichen Belastung von Hoden und Ovarien durch gleiche diagnostische oder therapeutische Massnahmen ohnehin schon erforderlich".

Das Verhältnis zwischen dem Schuhumsatz und der Schuhdurchleuchtungsfrequenz wurde bei jeder Untersuchung für alle Gruppen zusammen und für jede Gruppe getrennt prozentual ausgewertet. Dabei wurden die Prozentsätze 1) aus dem Verhältnis zwischen der Zahl der jeweils in die betreffende Gruppe gehörenden Schuhpaare und der Zahl der von dieser Gruppe gemachten Durchleuchtungen , und 2) zwischen der Zahl der insgesamt verkauften Schuhpaare und der Zahl für alle Gruppen zusammen und für jede Gruppe getrennt ausgerechnet.Aus den Ergebnissen wurden dann Mittelwerte gezogen,die wir folgenderweise zusammenfassen können :-

18 von 100 verkauften Schuhpaaren werden in Schuhdurchleuchtungsapparaten angepasst; davon werden gekauft

3 Paare von Mädchen bis 14 Jahren
4 " " Knaben " 14 "
3 " " Frauen von 14 bis 35 Jahren
3 " " Männern " 14 " 40 "
5 " " Frauen und Männern über 35 bzw. 40 Jahren.

(Tabelle 8) In andere Worte gefasst würde das Ergebnis lauten :-

Von 100 verkauften Schuhpaaren werden

23 Paare an Mädchen bis 14 Jahren
25 " " Knaben " 14 "
5 " " Frauen von 14 bis 35 Jahren
14 " " Männer " 14 " 40 "
33 " " Frauen und Männer über 35 bzw. 40 Jahren

in Schuhdurchleuchtungsapparaten angepasst (Tabelle 8).

Aus dem Verhältnis zwischen der jeweils in die betreffende Gruppe gehörenden Schuhpaare und der Zahl der von dieser Gruppe

gemachten Durchleuchtungen konnten wir errechnen,dass die prozentuale Beteiligung der 5 Alters- bzw. Geschlechtsgruppen bei Schuhdurchleuchtungen folgenderweise war :- (Tabelle 9)

11 % von Mädchen bis 14 Jahren
30 % " Knaben " 14 "
15 % " Frauen von 14 bis 35 Jahren
20 % " Männern " 14 " 40 "
24 % " Frauen und Männern über 35 bzw. 40 Jahren .

d) Berechnung der jährlichen Schuhdurchleuchtungsfrequenz in München und in Deutschland

Aus der Tabelle 9 können wir ungefähr errechnen,wieviele Schuhdurchleuchtungen innerhalb eines Jahres in einem Schuhgeschäft gemacht werden.Dabei ist die Zahl der in Geschäften vorhandenen Apparate,aus den am Anfang dieses Kapitels erklärten Gründen (s.S.27) nicht zu berücksichtigen :-

Bei den 4 Untersuchungen von insgesamt 8 Stunden wurden 124 Durchleuchtungen gemacht.Das ist gleich 15,5 Durchleuchtungen pro Stunde.In einem Geschäft bei einer wöchentlichen Geschäftszeit von etwa 52 Stunden würden dann 806 Durchleuchtungen durchgeführt.Umgerechnet für ein ganzes Jahr von etwa 50 Arbeitswochen ist die Zahl der Durchleuchtungen in einem Geschäft mi einem oder mehreren Schuhdurchleuchtungsapparaten mit etwa 40 000 anzunehmen.Aus den Unterlagen des Bayerischen Landesinstituts für Arbeitsmedizin wissen wir,dass in München 18 Schuhfirmen Schuhdurchleuchtungsgeräte besitzen.Unter der Annahme,dass jede Firma nur einen Verkaufsladen hat,würde die Gesamtzahl der Schuhdurchleuchtungen in München jährlich um 720 000 liegen.Aus der Tabelle 9 lässt sich bei insgesamt 720 000 Schuhdurchleuchtungen pro Jahr für München ausrechnen, dass an

1.	Mädchen bis 14 Jahren	11 % = 80 000
2.	Knaben " 14 "	30 % = 220 000
3.	Frauen von 14-35 Jahren	15 % = 100 000
4.	Männern von 14-40 Jahren	20 % = 150 000
5.	Frauen und Männer über 35 bzw. 40 Jahren	24 % = 170 000
	Gesamt	100 % = 720 000

durchgeführt werden.

Von 720 000 Durchleuchtungen fallen weiter an

Genetisch bedeutsame Bevölkerung (ohne Altersgruppe 5)	76 % = 550 000
davon Kinder bis 14 Jahren	41 % = 300 000

Von zwei Herstellerfirmen wurde uns mitgeteilt (A l t e n k i r c h , E h r e t)(1,34),dass in Westdeutschland etwa 2000 Schuhdurchleuchtungsapparate im Betrieb seien.Wenn wir pro Apparat 40 000 Durchleuchtungen annehmen,dann läge die Zahl der Schuhdurchleuchtungen in Westdeutschland jährlich um 80 Millionen (2000 SDA x 40 000 Durchleuchtungen = 80 000 000 Durchleuchtungen pro Jahr).Wie schon erwähnt (s.S.27),ist aber nicht die Zahl der Schuhdurchleuchtungsapparate,sondern die Zahl der Schuhgeschäfte mit Schuhdurchleuchtungsapparaten von Bedeutun.Da fast alle grösseren Schuhläden mehrere Schuhdurchleuchtungsgeräte besitzen,ist es zweckmässig anzunehmen,dass Schuhdurchleuchtungen weniger häufig als oben angegeben durchgeführt werden.

Aus der Tabelle 9 kann man auch für Westdeutschland die jährliche Schuhdurchleuchtungsfrequenz für verschiedene Altersgruppen errechnen :-

1. Mädchen bis 14 Jahren	11 % = 8,8 Mill.
2. Knaben " 14 "	30 % = 24,0 "
3. Frauen von 14-35 Jahren	15 % = 12,0 "
4. Männer " 14-40 "	20 % = 16,0 "
5. Frauen und Männer über 35 bzw. 40 Jahren	24 % = 19,0 "
Gesamt	100 % = 80,0 Mill.
Genetisch bedeutsame Bevölkerung (ohne Altersgruppe 5)	76 % = 60,8 Mill.
davon Kinder bis 14 Jahren	41 % = 32,8 "

Eine Berechnung der jährlichen Schuhdurchleuchtungsfrequenz aus dem Verhältnis der Durchleuchtungsfrequenz zu dem Schuhumsatz wäre vielleicht exakter.Der Umsatz und die Frequenz können innerhalb einer Zeiteinheit beliebig schwanken,ohne dabei das Endergebnis stark zu beeinflussen,weil das Verhältnis zwischen den beiden Faktoren ziemlich konstant bleibt.

Diese Berechnung sei deshalb im Folgenden zur Ergänzung durchgeführt :-

Die deutsche Schuhindustrie hat 1958 bekanntgegeben,dass im Jahre 1957 in Westdeutschland 87 Millionen Paar Lederschuhe und 32 Millionen Paar sonstige Schuhe hergestellt wurden (33). Bei den letzten handelt es sich grösstenteils um leichte Sommerschuhe,Sandaletten,Hausschuhe und Ähnliches,bei denen kaum jemals Durchleuchtungen durchgeführt werden.Da bei unseren Frequenzermittlungen diese Arten von Schuhen aber mitgezählt wurden,seien sie auch zur folgenden Berechnung mit herangezogen.Die Zahlen werden dabei dem jährlichen deutschen Schuhumsatz im Einzelhandel gleichgesetzt :

87 Millionen	Paar	Lederschuhe
32	" "	sonstige Schuhe
119	" "	jährlicher Schuhumsatz

Bei unseren Frequenzermittlungen wurde festgestellt (s.S.31), dass 18 % der verkauften Schuhpaare in Schuhdurchleuchtungsgeräten angepasst werden.Die Zahl der Schuhdurchleuchtungen in Westdeutschland läge dann jährlich um 21,42 Millionen : 119 000 000 x 18/100 = 21 420 000 Durchleuchtungen/Jahr . Die Beteiligung der oben erwähnten 5 Alters- bzw. Geschlechtsgruppen wäre dann folgenderweise zu errechnen :-

1. Mädchen bis 14 Jahren	119 Mill.	x 3 % =	3,57 Mill.
2. Knaben " 14 "		x 4 % =	4,76 "
3. Frauen 14-35 "		x 3 % =	3,57 "
4. Männer 14-40 "		x 3 % =	3,57 "
5. Frauen und Männer über 35 bzw. 40 Jahren		x 5 % =	5,95 "
Gesamt		x 18 % =	21,42 Mill.
Genetisch bedeutsame Bevölkerung (ohne Altersgruppe 5)		x 13 % =	15,47 Mill.
davon Kinder bis 14 Jahren		x 7 % =	8,33 "

Die auf zwei verschiedenen Wegen errechneten jährlichen Schuhdurchleuchtungen von 80 Mill. bzw. 21,42 Mill. sind als Maximalwerte anzusehen,die wahrscheinlich nicht erreicht werden. Zumindest nicht die erste Zahl.Die Tatsachen,dass nicht alle Schuhe in Schuhgeschäften mit Schuhdurchleuchtungsgeräten ver-

kauft werden,dass die Durchleuchtungsfrequenz im Sommer niedriger liegt als im Winter -unsere Frequenzermittlungen wurden ja im Winter durchgeführt-,und andere weniger wichtige Faktoren führen zu dieser Schlussfolgerung.

Wie erwähnt,ist die Schuhdurchleuchtungsfrequenz von vielerlei Faktoren abhängig: von der Jahreszeit,dem Tag,der Tageszeit, der Firma,der Verkäuferin,dem Kunden usw. . Deswegen sind die Zahlen,die wir ermittelt haben,nicht ohne weiteres für ein ganzes Jahr für alle Schuhgeschäfte mit Schuhdurchleuchtungsapparaten verwertbar.Trotzdem ist aber aus den oben gegebenen Zahlen eine Berechnung der genetischen Belastung doch zweckmässig,weil wir damit wenigstens einen Einblick in die Grössenordnung des ganzen Problems gewinnen können.

2. Messungen

a) Verwendete Messgeräte

Geiger-Müller-Zählrohrgeräte:

Typen	Messbereich mr/h
1. Aspor-Strahlungsmessgerät	0,1 - 10
2. FH 40 H - Strahlungsmessgerät	0,5 - 1000
3. Berkeley - Survey Meter	0,02 - 2

Kondiometer-Ionisationskammern:

Typen		Messbereich (ca.) mr
4. Kugelkammer	10 mm Durchmesser	150 - 6500
5. Zylinderkammer	15 mm " "	15 - 650
6. Zylinderkammer	33 mm " "	1,5 - 75
7. Zylinderkammer	47 mm " "	0,8 - 30
8. Argonkammer	27 mm " "	0,02 - 0,8

Für die groben Untersuchungen der Schuhdurchleuchtungsgeräte wurden 3 verschieden empfindliche Typen von Geiger-Müller - Zählrohrgeräten verwendet.Die Werte dienten lediglich zur Orientierung.

Die genauen Messungen von Dosisleistungen und Streustrahlen

sowie die Haut- und Gonadendosismessungen bei den Kunden und Verkäufern wurden mit Kondiometer-Ionisationskammern der PTW Freiburg durchgeführt.Die Kammern waren für die in Frage kommenden Strahlenqualitäten mittels Küstner'schen Eichstandgerätes geeicht.Je nach der Strahlenintensität wurden 5 verschieden empfindliche Kammertypen verwendet.Den empfindlichsten Kammertyp,also die argongefüllten Druckkammern aus Aluminium haben wir bei den Messungen der Gonadendosis verwendet.Für die Leistungsmessungen der Apparate bzw. die Messungen der Hautdosis waren Kugelkammern bzw. Zylinderkammern von 15 mm Durchmesser geeignet.Die Dosismessungen an den Apparaten mit den Geiger-Müller-Geräten wurden mit allen drei Typen der Zylinderkammern nachgeprüft.Alle Kammern,ausgenommen die Kugelkammern bei den Dosisleistungsmessungen im Schuhdurchleuchtungsraum,wurden auf Empfindlichkeitsstufe I aufgeladen.Bei den Leistungsmessungen kamen wir mit der Ladestufe II gut aus.Bei der Auswertung der Kammern wurde der Selbstablauf der Kammern nicht berücksichtigt,weil zwischen der Aufladung und der Messung jeweils nur wenige Stunden lagen.

b) Ergebnisse der Messungen an SDA

In technischer Hinsicht haben wir in München 10 Schuhdurchleuchtungsapparate geprüft.Wir haben unmittelbar vor den Fusseintrittsöffnungen,in 1,5 m Entfernung von den Fusseintrittsöffnungen,unmittelbar an den Vorder-,Hinter- und Seitenflächen in der Gonadenhöhe,orientierend mit 3 Typen von Geiger-Müller-Geräten (Berkeley,FH 40 H und Aspor) und exakt im Schuhdurchleuchtungsraum mit Kondiometer-Kugelkammern Messungen unternommen.Weiterhin haben wir die Spannungs- und Stromwerte der Röhren und bei den Geräten mit automatischen Abschaltungseinrichtungen die Durchleuchtungsdauer festgestellt.Die Ergebnisse sind in Tabelle 10 zusammengefasst.

Nachdem die Messwerte der verschieden empfindlichen Zählrohrgeräten grosse Unterschiede zeigten,haben wir diese Werte mit Kondiometer-Zylinderkammern von 15,33 und 47 mm Durchmesser bei 3 Durchleuchtungsapparaten nachgeprüft.Die unterschiedlichen Ergebnisse der Messungen mit den Geiger-Müller-Geräten und den Kondiometer-Kammern sind in Tabelle 11 zu sehen.Diese

Tabelle zeigt deutlich,dass man ohne entsprechende Kenntnisse, Kritik und Kontrollen mittels Ionisationskammern keine 'Messungen' mit Auslösezählrohren im Röntgengebiet machen sollte ! Bei den Messungen mit den Geiger-Müller-Zählrohrgeräten können Fehlanzeigen mit Faktoren 2-40 hier vorkommen.Wenn Zählröhre unkritisch,wie wir es zur Demonstration hier getan haben,bei höheren Dosisleistungen verwendet werden,so dass sie sich 'verschlucken',können die Fehlerfaktoren sogar bis zu 1000 und mehr betragen.Die Messungen dicht an der Fussöffnung der Geräte geben hierfür Beispiele.Bei Eichkontrollen für diagnostische Röntgenstrahlungen,wobei verschiedene Geiger-Müller-Geräte mit dem SDS (Standard-Dosimeter für Streustrahlenmessungen) nach R a j e w s k y und S e w k o r verglichen wurden, zeigte es sich,dass die Geräte ausser einer stärkeren Wellenlängenabhängigkeit eine je nach Gerät verschiedene Abhängigkeit der Anzeige von der Dosisleistung aufwiesen,bei etwa 50 /ur/sec in der Grössenordnung von Faktor 4-10 , bei 5-10 /ur/sec mit den Faktoren 1-3 , und bei etwa 0,1 - 2 /ur/sec mit dem Faktor 0,2 - 2 . Bei sehr kleinen Dosisleistungen kann also die Anzeige um ein mehrfaches zu hoch ausfallen. Messungen mit Auslösezählrohren erfordern also zumindest eine ungefähre Kenntnis der mittleren Wellenlängen der Strahlung, ihrer Richtung und Intensität.

In Tabelle 12 sind die endgültigen Dosiswerte für 10 Durchleuchtungsgeräte vergleichend angegeben.Zählrohrangaben bei Geräten,bei denen keine Ionisationsmessungen vorliegen,wurden mit einem Faktor korrigiert,der sich für die betreffende Lokalisation an anderen Geräten ergab.Anzufügen'ist noch,dass wir unsere Messungen mit einem Phantom durchgeführt haben,das in der Prüfungsvorschrift der PTB nicht ausdrücklich verlangt ist. Es bestand aus einem Paar Schuhe,die mit Reis gefüllt in den Durchleuchtungsraum gestellt wurden.Wenn die Fehlerbreite unserer Angaben auch mit etwa $\pm$ 50 % anzunehmen ist,so gibt die Tabelle doch einen Überblick über die Grössenordnungen. Wir sehen,dass die Dosisverhältnisse bei den meisten Geräten etwa den Vorschriften entsprechen, z.T. sogar weit unter dem zugelassenen Maximum liegen.Einige Geräte geben aber doch zum Teil erheblich über den zulässigen Werten befindliche Dosen.

Von Herstellern wissen wir,dass sie zuweilen unsachgemässe Änderungen von dritter Hand an ihren aufgestellten Geräten beobachten.
Den Apparat,bei dem wir unsere Dosismessungen an den Gonaden durchgeführt haben,und einen zweiten Apparat haben wir gründlicher untersucht.Die Output-Messungen wurden mehrere Male wiederholt (Tabelle 13) und zusätzlich die Halbwertschichten bestimmt (Abbildung 2).Aus den I. und II. HWS-Werten wurden die Homogenitätsfaktoren der Strahlung und die Filterung ermittelt (Tabelle 14).Die Output-Werte von 26 bzw. 36 r/min lagen in beiden Fällen höher als der von der PTB vorgeschriebene Wert von 25 r/min . Die aus den HWS-Werte ermittelten Filterungen von 0,4 bzw. 0,35 mm Al waren geringer als die von Herstellerfirma angegebene 1 mm Al- und als die vorgeschriebene 0,5 mm Al-Filterung.Die Strahlenmengen erwiesen sich in beiden Fällen als ziemlich inhomogen.Es ist dabei allerdings zu bemerken,dass die Filterermittlung aus der HWS in diesen Fällen mit einem ziemlichen Unsicherheitsfaktor belastet ist,da es sich bei den Geräten um Halbwellenapparate handelt,während HWS-Tabellen (G r e b e - W i e b e , W a c h s m a n n - D i m o t s i s) üblicherweise für konstante Gleichspannung angegeben werden.

c) Ergebnisse der Gonadendosis-Messungen
Die sogenannte " G o n a d e n d o s i s " (in der englischen und amerikanischen Literatur 'gonadal dose' oder 'gonad dose' bezeichnet) ist die Strahlenmenge,welche die menschlichen Keimdrüsen trifft.Bei dem männlichen Geschlecht ist sie durch Anlegung der Messkammern dicht neben den Hoden unmittelbar festzustellen.Für die weiblichen Gonaden ist der nächste Messort das hintere Scheidengewölbe,wobei eine intravaginale Applikation der Messkammern erforderlich ist.

Aus folgenden Überlegungen und Gründen haben wir uns bei den Messungen der Gonadendosis nur auf einen "Pedoskop"-Apparat beschränkt: Die in deutschland betriebenen Schuhdurchleuchtungsapparate sind zum grössten Teil "Pedoskope" der Firma Altenkirch.Die Strahlenbelastung der Bevölkerung wäre dann in den meisten Betrieben ungefähr die gleiche.Dadurch ist uns auch die Möglichkeit gegeben,die durch Messungen an einem bestimmten Apparat ermittelten Dosiswerte auch für andere

Apparate mit anderen Dosisleistungen,im Verhältnis zu der Leistung unseres Stammapparates,umzurechnen.Das grosse Untersuchungsmaterial ist so für jeden Apparat verwertbar.Untersuchungen von diesem Ausmass auch bei anderen Geräten durchzuführen, war für uns praktisch unmöglich.Die Schuhfirmen waren in den meisten Fällen mit solchen Untersuchungen nicht einverstanden, weil sie den Geschäftsbetrieb störten.

Auch bei der Zusammenstellung des Untersuchungsmaterials sind wir auf Schwierigkeiten gestossen.Die an den Gonaden fallende Strahlung war so gering,dass wir bei den Messungen mit den empfindlichen Argonkammern auf die gleiche Kammer mindestens 5-10 Schaltungen geben mussten.Bei den Kunden war das natürlich nicht ohne weiteres durchzuführen.Sie waren meistens gegenüber der Untersuchung skeptisch und hatten auch nicht so viel Zeit. Auch die Verkäuferinnen waren wegen des Zeitproblems damit nicht einverstanden.Der Apparat hat ja eine Sperreinrichtung; nach einer Durchleuchtung kann die Spannung erst nach 30 sec wieder eingeschaltet werden.Aus diesem Grunde dauern 5 hintereinanderfolgende Durchleuchtungen von je 8 sec praktisch 2 $^{1}/_{2}$ Minuten und 10 Durchleuchtungen 5 $^{1}/_{2}$ Minuten.Infolgedessen mussten wir aus dem Bekanntenkreis Bereitwillige in den betreffenden Laden führen,wo der Apparat sich befand,und die Strahlendosis an ihm messen.Dabei haben wir darauf geachtet,dass möglichst verschiedene Körpergrössen vertreten waren.Mit freundlicher Erlaubnis der Leiterinnen eines Kinderheimes durften wir unsere Messungen auch an Kindern aus diesem Heim durchführen.

Die Verwendung der gleichen Kammer bei mehreren Kunden wäre nicht ohne weiteres möglich,weil wir die Messergebnisse nach Alter und Körpergrösse zu ordnen beabsichtigten. 5 und 10 Personen von ungefähr gleichem Alter und gleicher Körpergrösse innerhalb wenigen Stunden unter den Kunden zu finden,die ihre Füsse durchleuchten wollten,wäre ein glücklicher Zufall gewesen.Trotzdem konnten wir doch einige Messergebnisse,die wir in dieser Weise ermittelten,unserem Untersuchungsmaterial zufügen.

Wir mussten unsere Messungen ausschliesslich bei Männern bzw. Knaben durchführen.Eine intravaginale Applikation der Kammern, für die unmittelbare Messung der Strahlendosis an den Ovarien

erforderlich,war in unserem Fall unmöglich.Eine Dosismessung an der Hautoberfläche des Unterleibs hätte auch wenig zweck; für die indirekte Ermittlung der Gonadendosis bei Frauen,wo die von zwischen der Körperoberfläche und den Ovarien gelegenen Gewebsschicht absorbierte Strahlenmenge von den an der Hautoberfläche gemessenen Werten abgezogen werden muss,konnten wir auch unsere Messungen bei Männern verwenden.

Bei den Messungen befestigten wir die Messkammern mit einer Mullbinde dicht neben dem Hoden oder steckten sie einfach in die Hosentasche ein,so dass sie auch in unmittelbarer Nähe des Hodens lagen.Die letztere Applikationsart ergab im Mittel etwas höhere Werte.Wir haben sie dennoch voll verwendet.Der hierdurch mögliche Fehler liegt aber auf der 'sicheren Seite'.(Tab.21,22)

Bei der Messung der Gonadendosis bei den Kunden stand die betreffende Person auf dem Fusstritt des Apparates mit den Füssen im Schuhdurchleuchtungsraum,wie es bei den Schuhdurchleuchtungen immer üblich ist.Die Gonaden lagen meistens dicht an der Vorderwand des Apparates oder einige cm davon entfernt.Bei der Messung der Dosis bei den Verkäufern stand die gemessene Person an der rechten oder linken Seite neben dem Apparat; die Gonaden lagen ungefähr 10-20 cm von der Seitenwand entfernt.(Abb.3)

Die Messergebnisse haben wir in 3 Hauptgruppen geordnet :-

a) Kunden : Erwachsene (Tabelle 15)
b) Kunden : Kinder (Tabelle 16)
c) Verkäufer (Tabelle 17)

Die Dosiswerte sind jeweils in /ur/mAs und /ur/8 sec-Durchleuchtung gegeben.In Tabelle 18 sind von jeder Gruppe Maximal-, Minimal- und Mittelwerte zusammengestellt.Die gleichen Dosiswerte haben wir in der Tabelle 19 wiedergegeben,nachdem wir die vom Durchschnitt erheblich abweichenden Messwerte ausgeschieden haben.Gelegentliche Fehlmessungen kommen bei Kondiometermessungen immer wieder vor; sie dürften in apparativen Fehlern ihren Ursprung haben.Bei der Ermittlung der genetischen Belastung der Bevölkerung werden wir die korrigierten Dosiswerte verwenden,die hier zusammengefasst sind :

Die minimalen Gonadendosiswerte sind für Kinder 0,03 , für männliche Kunden 0,03 und für die männlichen Verkäufer 0,02 /ur/mAs ,oder 1,3 , 1,2 bzw. 1,0 /ur/8 sec-Durchleuchtung

(der Apparat hat eine Röntgenröhre von 38 kV und 6 mA).

Die maximalen Dosiswerte sind für Kinder 0,42 , für erwachsene Kunden 0,20 und für Verkäufer 0,15 /ur/mAs oder 20,0 , 9,5 bzw. 7,0 /ur/8 sec-Durchleuchtung . Die Werte zeigen deutlich, dass die genetische Belastung der Kinder durch Schuhdurchleuchtungen doppelt so gross ist als die der Erwachsenen.Diese Tatsache ist auf geringere Entfernung der kindlichen Gonaden von der Strahlenquelle zurückzuführen.

Die aus dem korrigierten Gesamtmaterial errechneten Mittelwerte sind für Kinder 0,16 , für erwachsene Kunden und Verkäufer 0,08 /ur/mAs , oder 7,6 bzw. 3,9 /ur/8 sec-Durchleuchtung . Auch hier ist die Gonadendosis bei Kindern doppelt so hoch wie bei Erwachsenen.(Tabellen 18,19).Die überraschende Tatsache, dass die Dosen bei erwachsenen Kunden und Verkäufern die gleichen sind,kann man folgenderweise begründen: Der Fusstritt,wo der Kunde bei der Durchleuchtung steht,liegt 30 cm über dem Boden. Andererseits liegt die Röntgenröhre auf dem Boden des Apparates, also etwa in gleicher Ebene mit dem Fussboden; die Strahlung ist von unten nach oben gerichtet.Der senkrechte Abstand zwischen der Röhren- und der Gonadenebene bei dem Verkäufer ist also 30 cm geringer als bei dem Kunden (die Entfernung Boden-Gonaden ist bei erwachsenen Männern 80-90 cm , dagegen 110-120 cm wenn einer auf dem 30 cm hohen Fusstritt steht).Nachdem in beiden Fällen die Gonaden nur von Streustrahlen erreicht werden,besteht die Möglichkeit,dass die an sich grössere Entfernung der Gonaden des Verkäufers von der Strahlenquelle durch den 30 cm Höhenunterschied irgendwie ausgeglichen wird. Weiterhin sind die Gonaden der Kunden durch die eigenen Beine gegen die aus der Fusseintrittsöffnung heraustretenden Streustrahlen besser geschützt.Diese Erläuterungen sind in Abb.3 durch einige Skizzen verständlicher gemacht.

Die ermittelten Gonadendosiswerte bei Kindern haben wir nach den Körpergrössen in 2 Gruppen geordnet :-

a) Kinder bis 120 cm Körpergrösse
b) Kinder von 120 bis 150 cm Körpergrösse

In Gruppe (a) lag die Gonadendosis niemals unter 0,08 /ur/mAs bzw. 3,6 /ur/8 sec-Durchleuchtung . In Gruppe (b) waren dagegen niedrigere Dosen wie 0,03 /ur/mAs bzw. 1,3 /ur/8 sec-Durchl.

festzustellen.Der Mittelwert war in Gruppe (a) 0,18 /ur/mAs bzw. 8,71 /ur/8 sec-Durchleuchtung und in Gruppe (b) 0,14 /ur/mAs bzw. 6,61 /ur/8 sec-Durchleuchtung . Der höchste gemessene Wert in Gruppe (a) war 0,42 /ur/mAs bzw 20 /ur/8 sec - Durchleuchtung und in Gruppe (b) 0,37 /ur/mAs bzw. 18 /ur / 8 sec-Durchleuchtung.(Tabelle 20).Obwohl die Dosisunterschiede zwischen den beiden Gruppen infolge der geringen Strahlung auch sehr gering sind,kann man ohne weiteres sagen: je kleiner die Körpergrösse,desto grösser ist die Gonadendosis,was auch nach den allgemeinen Überlegungen der Fall sein müsste.

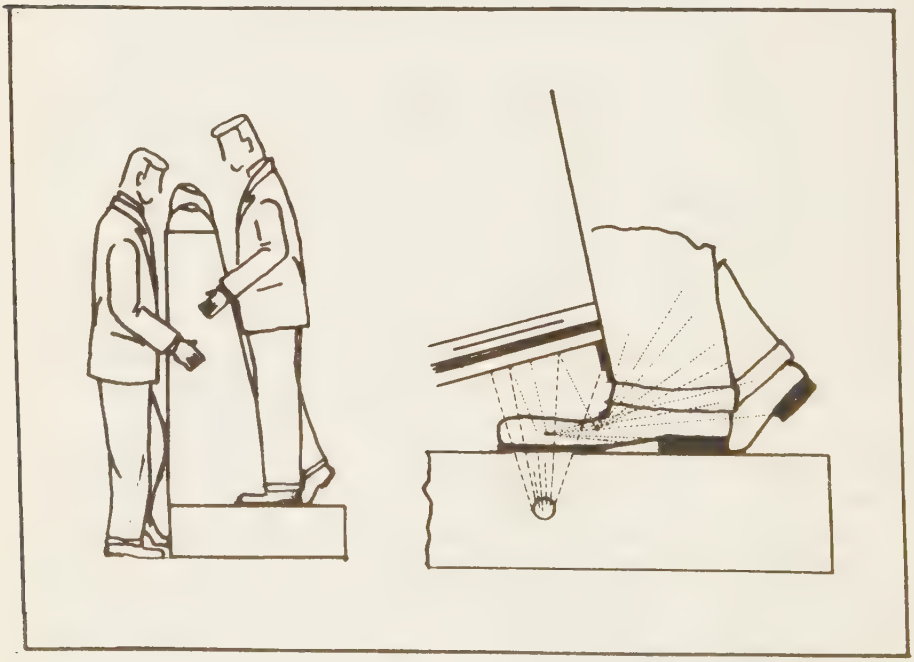

Abbildung 3 : a) Stellung des Kunden und des Verkäufers bei einer Durchleuchtung am Schuhdurchleuchtungsapparat
b) Stellung der Füssen im Durchleuchtungsraum bei einer Schuhdurchleuchtung; die direkte Strahlenkegel und die Streustrahlen

Wie in den Tabellen 21 und 22 zu sehen ist,lagen die in der Hosentasche gemessenen Dosiswerte meistens höher als die Werte unmittelbar am Hoden gemessen.Obwohl der ermittelte Mittelwert im ersten Fall doppelt so hoch lag wie im zweiten,war der Unterschied so gering,dass wir alle Werte,gleichgültig ob die Messkammer in der Hosentasche oder am Hoden lag,der Gonadendosis gleichsetzten.Die Überlegung,dass die maximalen Dosiswerte für die Berechnung der genetischen Belastung mehr von Bedeutung sind,wurde damit auch gerechtfertigt.

d) Wöchentliche Strahlenbelastung des Personals in Schuhgeschäften

Drei Verkäuferinnen der Firma I haben die von uns gegebenen Zylindermesskammern eine Woche lang in der Tasche ihrer Arbeitsmäntel herumgetragen.Die dadurch ermittelten Messergebnisse lagen sehr nah beieinander.Der Mittelwert zeigt,dass die Strahlendosis,die eine Verkäuferin während ihrer Arbeit im Schuhgeschäft an ihrer Körperoberfläche bekommt,etwa 7 mr/Woche ist (Tabelle 23).Sie ist $^{2,3}/_{100}$ stel der von der internationalen Strahlenschutzkommission für durch Strahlung chronisch belastete Bevölkerungsgruppen festgelegten höchstzulässigen Dosis von 0,3 r/Woche .

e) Ergebnisse der Hautdosis-Messungen an Füssen der Kunden

Um die Strahlendosis festzustellen,die die Kunden bei den Schuhdurchleuchtungen an ihre Füsse bekommen,haben wir mit den Zylinderkammern einige Messungen durchgeführt.Wir haben durch Einlegen der Kammern in die Schuhe etwa unter das Fussgewölbe die Strahlenmenge an der durch den Schuh bedeckte Haut gemessen. Bei den Messungen der Strahlendosis an freigelegenen Hautpartien lagen die Kammern in den Socken am Sprunggelenk vorn,medial bzw. lateral.Die Ergebnisse zeigten,dass die medialen Hautpartien am Sprunggelenk die meisten Streustrahlen bekamen.Bei einer Durchleuchtung von 8 sec hier anfallende Strahlenmenge von 16 mr (120 mr/min) ist aber doch sehr gering.Am geringsten belastet waren die lateralen Hautpartien des Sprunggelenks.Die Haut vorne am Gelenk ist durch den Fuss selbst weitgehend geschützt.Im Schuh ist die Hautdosis am Gelenk etwa 7 mr/8 sec - Durchleuchtung oder etwa 50 mr/min . Bei einer Schuhdurchleuchtung stehen hauptsächlich die vorderen Hälften der Füsse im

direkten Strahlengang; das Fussgewölbe liegt etwas abseits davon.(Tabelle 24)

An 10 Geräten haben wir weitere Messungen der Strahlendosen unternommen,die die Kunden bei einer Schuhdurchleuchtung an die durch den Schuh bedeckte Fussohle im d i r e k t e n Strahlengang bekommen.Die Kondiometer-Zylindermesskammern wurden in den Schuh unter die Zehen hingelegt.Die Messungen wurden jeweils in Schuhen mit Gummi- und Ledersohle wiederholt.Die Hautdosen lagen in den Schuhen mit Gummisohlen zwischen 3 und 18 r/min oder 0,5 - 1,8 r/Durchleuchtung,in den Schuhen mit Ledersohlen zwischen 4,2 und 20 r/min oder 0,7 - 3,3 r/Durchleuchtung . Der Mittelwert für die Hautdosen an die durch den Schuh bedeckte Fussohle im direkten Strahlengang ist danach 10,2 r/min oder 1,4 r/8 sec-Durchleuchtung . Nach den Empfehlungen der internationalen Strahlenschutzkommission dürfen beruflich Belastete pro Woche an die Unterschenkel 1500 mr erhalten.Diese Strahlenmenge wird also bei einer Schuhdurchleuchtung von 8 sec fast erreicht.Daraus ergibt sich,dass die Verkäuferinnen während ihrer Arbeit ihre Füsse niemals durchleuchten dürfen.Die Ergebnisse der Messungen sind in Tabelle 25 zusammengestellt.

VI. Schlussfolgerungen

1. Genetische Strahlenbelastung der Bevölkerung durch Fussdurchleuchtungen in Schuhgeschäften

Unsere Messungen der Gonadendosis bei Schuhdurchleuchtungen ergaben, dass bei einer Durchleuchtung von 8 Sekunden der mittlere Gonadendosiswert für männliche Kinder um 7,6 /ur , für männliche Erwachsene um 3,9 /ur und der Mittelwert beider Gruppen um 5,75 /ur liegt.

Für Mädchen und Frauen waren Messwerte der Dosis an den Gonaden nicht zu gewinnen. Entgegen der Forderung, die S e e l e n t a g (39) u.a. für das Gebiet der medizinischen Röntgendiagnostik aufgestellt haben und die eine Messung möglichst nahe den Gonaden verlangt, müssen wir hier eine Umrechnung vornehmen. Für die gemessenen primären Strahlenqualitäten von 0,4 - 0,5 mm Al-HWS (s.S.38 und Abb.2) dürfte eine Streustrahlenqualität von etwa 2 mm Al-HWS anzunehmen sein.

Wenn wir eine Tiefenlage der Ovarien von der vorderen Bauchwand von etwa 7 cm für Frauen und 4 cm für Mädchen annehmen, so ergibt sich nach W a c h s m a n n hierfür eine prozentuale Tiefendosis von etwa 18 bzw. 38 % . Damit ergeben sich die in Tabelle 26 zusammengestellten mittleren Dosen an den Gonaden :-

Alter	Männer	Frauen
4-14 Jahre	7,6 /ur	2,9 /ur
Über 14 Jahre	3,9 /ur	0,7 /ur
Arithmetisches Mittelwert	5,8 /ur	1,8 /ur
Arith. Mittelwert für beide Geschlechter	3,8 /ur	
	pro 8 sec-Durchleuchtung	

Tabelle 26 : Gonadendosis für beide Geschlechter bei Schuhdurchleuchtungen

Durch Anwendung dieser Werte und der jährlichen Schuhdurchleuchtungsfrequenz (s.S.32-34) soll nun die genetische Belastung der Bevölkerung ermittelt werden.Die Berechnungen sind auf zwei verschiedenen Wegen durchgeführt,damit wir einen besseren Einblick in die Grössenordnung des ganzen Problems gewinnen können.
Bei den Berechnungen wurde die Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland zu 52,6 Millionen und der Stadt München zu 1 Mill. angenommen.
Die statistiken über die prozentuale Altersverteilung der Bevölkerung in Bayern 1955 aus dem Bericht über das Bayerische Gesundheitswesen des Statistischen Landesamtes Bayern,1956 (4), wurden für die Bevölkerung der Bundesrepublik und der Stadt München angewendet.Die Verteilung der Bevölkerung in die genetisch bedeutsamen Alters- und Geschlechtsgruppen (s.S.29-31) ist wie folgt :-

Bundesrepublik Deutschland

Gesamtbevölkerung		52,60 Mill.
Genetisch bedeutsame Bevölkerung	54,0 % -	28,40 "
1. Mädchen bis 14 Jahren	9,7 % -	5,10 "
2. Knaben " 14 "	10,2 % -	5,37 "
3. Frauen von 14 bis 35 J.	16,4 % -	8,63 "
4. Männer " 14 " 40 J.	17,5 % -	9,21 "

Stadt München

Gesamtbevölkerung		1 000 000
Genetisch bedeutsame Bevölkerung	54,0 % -	540 000
1. Mädchen bis 14 Jahren	9,7 % -	97 000
2. Knaben " 14 "	10,2 % -	102 000
3. Frauen von 14 bis 35 J.	16,4 % -	164 000
4. Männer " 14 " 40 J.	17,5 % -	175 000

Die Berechnung selbst ist folgendermassen durchzuführen:

a. Zahl der Durchleuchtungen pro Jahr multipliziert mit dem prozentualen Anteil von Durchleuchtungen einer bestimmten Alters- und Geschlechtsgruppe,multipliziert mit der Dosis pro Durchleuchtung für diese Alters- und Geschlechtsgruppe ergibt die Strahlenbelastung pro Jahr der betreffenden

Alters- und Geschlechtsgruppe.Die Summe der Belastungen aller Gruppen ergibt dann die Strahlenbelastung pro Jahr der genetisch bedeutsamen Bevölkerung.

b. Die Strahlenbelastung pro Jahr einer bestimmten Alters- und Geschlechtsgruppe,dividiert durch die Zahl des zu dieser Gruppe gehörenden Bevölkerungsanteils ergibt die Strahlenbelastung pro Jahr pro Kopf der betreffenden Alters- und Geschlechtsgruppe.Der Mittelwert ergibt dann die mittlere Strahlenbelastung pro Kopf pro Jahr der genetisch bedeutsamen Bevölkerung.

c. Die Strahlenbelastung pro Jahr pro Kopf einer bestimmten Alters- und Geschlechtsgruppe,multipliziert mit der Zahl der Jahre des betreffenden Generationszeitraumes ergibt die Strahlenbelastung pro Kopf pro Generationszeitraum für diese Alters- und Geschlechtsgruppe.Die Summe der Belastungen aller Gruppen ergibt dann die Strahlenbelastung pro Kopf für eine Generation.

a) Berechnung aus der Schuhdurchleuchtungsfrequenz

für Bundesrepublik Deutschland

Zahl der jährlichen Durchleuchtungen : 80 000 000

	Männer		Frauen		
	0-14	14-40	0-14	14-35	
x Frequenz-Anteil der Altersgruppe:	30 %	20 %	11 %	15 %	
x Dosis pro Durchleuchtung:	7,6 /ur	3,9 /ur	1,8 /ur	0,7 /ur	
= Dosis pro Jahr auf die Altersgruppe:	182 r	62 r	16 r	8 r	(a)
: Zahl des Bevölkerungsanteils der Altersgruppe:	5,37 Mill.	9,21 Mill.	5,10 Mill.	8,63 Mill.	
= Belastung pro Jahr pro Kopf auf die Altersgruppe:	34 /ur	7,0 /ur	3,0 /ur	0,9 /ur	(b)
x Zahl der Jahre des Generationszeitraumes der jeweiligen Gruppe:	14	26	14	21	
= Belastung pro Kopf pro Generationszeitraum auf die Altersgruppe:	476 /ur	182 /ur	42 /ur	18,9 /ur	(c)

für München

Zahl der jährlichen Durchleuchtungen : 720 000

	Männer 0-14	Männer 14-40	Frauen 0-14	Frauen 14-35	
x Frequenz-Anteil der Altersgruppe:	30 %	20 %	11 %	15 %	
x Dosis pro Durchleuchtung:	7,6 µr	3,9 µr	1,8 µr	0,7 µr	
= Dosis pro Jahr auf die Altersgruppe:	1,64 r	0,56 r	0,14 r	0,08 r	(a)
: Zahl des Bevölkerungsanteils der Altersgruppe:	102 000	175 000	97 000	164 000	
= Belastung pro Kopf pro Jahr auf die Altersgruppe:	16 µr	3 µr	1,4 µr	0,5 µr	(b)
x Zahl der Jahre des Generationszeitraumes der jeweiligen Gruppe:	14	26	14	21	
= Belastung pro Kopf pro Generationszeitraum auf die Altersgruppe:	224 µr	78 µr	20 µr	10 µr	(c)

Der grosse Unterschied zwischen den Werten für Deutschland und für München kommt dadurch zustande, dass wir für Deutschland die wahrscheinliche Zahl der Schuhdurchleuchtungsgeräte und für München die bekannte Zahl der Schuhgeschäfte mit Schuhdurchleuchtungsgeräten als Basis für die Schuhdurchleuchtungsfrequenz genommen haben. Die letztere ist als schlüssiger anzusehen.

b) Berechnung aus dem Verhältnis zwischen Schuhumsatz und Schuhdurchleuchtungsfrequenz

Wegen der mannigfachen Unsicherheiten, die in den obigen Berechnungen anhaften, sei zur Kontrolle oder Korrektur des

Ergebnisses noch die Berechnung durchgeführt,die von der Zahl der verkauften Schuhe und von der Schuhdurchleuchtungsfrequenz ausgeht,die wir in einigen Geschäften bezogen auf den Umsatz feststellen konnten.Hier sind Zahlen allerdings nur für die Bundesrepublik Deutschland zu nennen,da wir nur den Schuhumsatz für das gesamte Bundesgebiet kennen.

Zahl der erzeugten und verkauften Schuhpaare pro Jahr :	119 Mill.				
x Prozentsatz der Durchleuchtungen pro Paar verkaufter Schuhe :	18 %				
= Zahl der Schuhdurchleuchtungen pro Jahr :	21,4 Mill.				
	Männer		Frauen		
	0-14	14-40	0-14	14-35	
x Prozentualer Anteil verschiedener Altersgruppen am Schuhumsatz:	25 %	14 %	23 %	5 %	
x Dosis pro Durchleuchtung:	7,6 µr	3,9 µr	1,8 µr	0,7 µr	
= Dosis pro Jahr auf die Altersgruppe:	40 r	12 r	8,9 r	0,7 r	(a)
: Zahl des Bevölkerungsanteils der Altersgruppe:	5,37 Mill.	9,21 Mill.	5,10 Mill.	8,63 Mill.	
= Belastung pro Kopf pro Jahr auf die Altersgruppe:	7,4 µr	1,3 µr	1,7 µr	0,08 µr	(b)
x Zahl der Jahre des Generationszeitraumes der jeweiligen Gruppe:	14	26	14	21	
= Belastung pro Kopf pro Generationszeitraum auf die Altersgruppe:	104 µr	34 µr	24 µr	2 µr	(c)

Die Ergebnisse der Berechnungen sind in Tabellen 27,28 und 29 zusammengestellt :

Für die genetisch bedeutsame Bevölkerung ist die jährliche mittlere genetische Strahlenbelastung bei Fussdurchleuchtungen in Schuhgeschäften mit weniger als 0,003 - 0,01 mr pro Kopf der Bevölkerung anzunehmen.

Die Summe der genetischen Belastung auf die genetisch bedeutsame Bevölkerung innerhalb eines Jahres beträgt für die Bundesrepublik Deutschland weniger als 62 - 268 r , davon 10 - 24 r auf Frauen und 52 - 244 r auf Männer.

Die genetische Strahlenbelastung pro Kopf für eine Generation ist weniger als 0,16 - 0,72 mr

c) Rolle der Schuhdurchleuchtungen in der Gesamtstrahlenbelastung der Bevölkerung

Die Belastung des Keimgutes der Menschheit ist bis heute noch nicht bedenklich.Nach Zahlen aus England liegen alle bisherigen zusätzlichen Belastungen,für die Gesamtbevölkerung betrachtet,weit unterhalb der natürlichen Grundstrahlung :

	mrem/Generation
Natürliche Grundstrahlung	3600 - 6400
Röntgen-diagnostische Anwendungen	180
Armbanduhren (Leuchtziffern)	80
Arbeiter in Atombetrieben	7
Schuhgeschäfte	1,3
Radioaktiver Niederschlag	< 3

Tabelle 30 : Natürliche Grundstrahlung und zusätzliche Strahlenbelastung des Menschen nach M a r l e y (28)

Nach unseren Messungen spielen die Fussdurchleuchtungen in Schuhgeschäften in der Strahlenbelastung der Bevölkerung eine viel geringere Rolle.Die von uns ermittelte genetische Strahlenbelastung pro Kopf der Bevölkerung für eine Generation von 0,16 oder maximal 0,72 mr beträgt nur 0,0044 bis maximal 0,02 % der von M a r l e y (28) angegebenen natürlichen Grundstrahlung von 3600 mr innerhalb von 30 Jahren, oder

0,0038 bis maximal 0,017 % der natürlichen Grundstrahlung von 4200 mr innerhalb von 35 Jahren.

Zum vergleich sind in Tabelle 31 einige Gonadendosiswerte bei verschiedenen medizinisch-diagnostischen Röntgenaufnahmen wiedergegeben :

Aufnahme	Männer	Frauen
Lungenstandard- u. frontalaufnahmen	0,04	0,06
Gebiss,vollständiger Zahnstatus	6,5	0,3
Abdomen-Übersichtsaufnahmen	65	48
Dickdarm-Kontrasteinlauf	300	440
Becken , Hüftgelenke	480	240
	mr / Untersuchung	
Fussdurchleuchtungen in Schuhgeschäften	0,0039	0,0007

Tabelle 31 : Gonadendosiswerte bei einigen medizinisch-diagnostischen Röntgenaufnahmen nach S e e l e n t a g (40) , ergänzt

Demnach beträgt die Gonadendosis bei einer Fussdurchleuchtung im Schuhgeschäft 10 % der Gonadendosis bei einer Lungenaufnahme bei Männern, 1 % bei Frauen.

d) Genetische Belastung der Angestellten in Schuhgeschäften
Die Angestellten in Schuhgeschäften werden von Strahlung aus Schuhdurchleuchtungsapparaten eher gefährdet,weil sie der Strahlung aus diesen Apparate chronisch ausgesetzt sein können.

Unsere Messungen ergaben,dass die Gonadendosis bei einer Durchleuchtung von 8 Sekunden für den Verkäufer ebenfalls um 3,9 /ur liegt.Nachdem aber in Schuhgeschäften fast ausschliesslich weibliches Personal angestellt ist,ist die Strahlenbelastung im Mittel nur zu rund 1 /ur anzunehmen.

Angenommen,dass in einem Schuhgeschäft,wo jährlich 40 000 Schuhdurchleuchtungen durchgeführt werden, 50 Verkäuferinnen angestellt sind,wäre die genetische Strahlenbelastung der Angestellten pro Kopf jährlich weniger als 0,8 mr ; sie beträgt also auch hier weniger als 1 % der natürlichen Grundstrahlung.

Die von uns gemessene Strahlendosis von etwa 7 mr/Woche , die eine Verkäuferin während ihrer Arbeit im Schuhgeschäft an ihre Körperoberfläche bekommt,ist etwa 2,3 % der von der internationalen Strahlenschutzkommission für durch Strahlung chronisch belastete Bevölkerungsgruppen festgelegten höchstzulässigen Dosis von 0,3 r/Woche . Damit wird klar,dass eine berufliche Gefährdung des Verkaufspersonals durch Schuhdurchleuchtungsapparate nicht besteht.

2. Andere mögliche Strahlenschädigungen

Knochenmarkschädigungen,Krebsstimulierung,Hautschädigungen, Schädigungen der Frucht im Mutterleib u.ä.,die durch Strahlung verursacht werden können,kommen bei der sehr geringen Strahlung der Schuhdurchleuchtungsapparate nicht in Frage.Die Gewebsbelastung des Fusses eines Kunden ist nicht bedenklich,wenn sie jährlich nur wenige Male gegeben wird.Diese Dosis trifft dabei nur relativ kleine Teile des Körpers.Nach S c h i r r e n (37) sind auch beim wachsenden jugendlichen Knochen Dosen von etwa 50 r und mehr im Epiphysenbereich notig,um merkliche Wachstumsstörungen hervorzubringen.Wenn auch die untere Grenze invisibler Schädigungen keineswegs sicher bekannt ist,so lässt doch eine Dosis,die mit einem Faktor von mehr als 10 geringer ist,als die unterste Grenze erkennbarer Schädigungen,keinen Schaden erwarten.Man wird trotzdem den Standpunkt vertreten, dass eine häufigere Durchleuchtung,vor allem auch des Personals zu Demonstrationszwecken,zu vermeiden ist.Diese Folgerungen gelten selbstverständlich für intakte Geräte,welche den Vorschriften entsprechen.

3. Stellungnahme

Unsere Untersuchungen ergaben,dass die Fussdurchleuchtungen in Schuhgeschäften für die Bevölkerung keine Gefährdung darstellen.Auch für die von dieser Strahlung chronisch belasteten Angestellten der Schuhgeschäfte besteht kein Risiko,da die wöchentliche Strahlenbelastung nur $^{2,3}/_{100}$ stel der von der internationalen Strahlenschutzkommission angeordneten höchstzulässigen Strahlendosis von 0,3 r/Woche ist.Nachdem aber bei der Strahlenbelastung des menschlichen Keimgutes von einer höchstzulässigen Dosis nicht die Rede sein darf,kann auch die

geringste Strahlung Genveränderungen hervorrufen. Ausserdem ist die Tatsache, dass die Effekte der Strahlen sich summieren, immer im Auge zu behalten. Aus diesem Grunde muss jegliche unnötige Strahlenbelastung vermieden werden. Die Schuhdurchleuchtungsapparate sind nur als kaufmännische Werbemittel zu betracht

Ein Nutzen wäre eventuell darin zu sehen, dass die Durchleuchtung gelegentlich einen Kunden veranlasst, sich Schuhwerk zu kaufen, das orthopädischen Erfordernissen besser entspricht als viele der üblichen Modelle. Da aber gewisse Kenntnisse der Anatomie des Fusses und orthopädischer Erfahrungen unumgänglich nötig sind, um bei einer Durchleuchtung Schlüsse auf den Sitz des Schuhes zu ziehen, neigt der Autor zu der Auffassung, dass diese positive Seite der Schuhdurchleuchtungen nicht in Erscheinung treten wird.

Jedenfalls ist den Kunden zu empfehlen, Schuhdurchleuchtungen nicht zu häufig durführen zu lassen. Dem Personal ist streng zu verbieten, zu Demonstrationszwecken die eigenen Füsse zu durchleuchten.

VII. Zusammenfassung

Die moderne Entwicklung auf dem Gebiet der Kernphysik fordert eine genaue Ermittlung der Strahlenbelastung der Bevölkerung durch ionisierende Strahlen. Die mutationsauslösende Wirkung dieser Strahlen tritt in den Vordergrund der Betrachtungen. Nachdem sich die genetischen Schädigungen durch Strahlen aus verschiedensten Quellen summieren, ist es zunächst erforderlich, die einzelnen Summanden genau kennenzulernen und ihre Grösse festzustellen; nur so ist eine Beurteilung der Gesamtsituation zu geben. Eine dieser Strahlenquellen sind die Röntgendurchleuchtungen der Füsse in Schuhgeschäften.

Die biologischen Wirkungen verschiedener Arten der ionisierenden Strahlen sind qualitativ gleich. Diese Wirkungen sind abhängig von der Dosis und der Empfindlichkeit des betreffenden lebenden Gewebes gegenüber der Strahlung. Die blutbildenden Organe und die Keimdrüsen sind dabei am stärksten gefährdet. Die Strahlen reduzieren die Lebenserwartung. Sie können somatische Schäden auslösen, wie Knochenmarkschädigungen, Hautschädigungen, Krebsstimulierung, Schädigung der Frucht im Mutterleib u.ä. . Die genetischen Effekte der Strahlung am Menschen bestehen aus latenten Schäden an den Keimzellen in jedem Entwicklungsstadium, vor allem in Form der überwiegend rezessiven Genmutationen. Die Häufigkeit der Mutationen ist der verabreichten Strahlendosis direkt proportional. Einen Schwellenwert der für die Mutationsauslösung notwendigen Dosis gibt es nicht, jede das Gen treffende Strahlenenergie auch von geringstem Ausmass, kann eine Mutation hervorrufen. Die mutationsauslösende Wirkung der verabfolgten Strahlendosen summieren sich vollkommen und es gibt keine Erholungsvorgänge in Bezug auf diese Wirkung. Diese Summation geht durch die Generationen hindurch. Die Mutationen sind in den meisten Fällen Minusvarianten oder Letalfaktoren. Die natürliche Mutationsrate von 24:100 Keimzellen kann verdoppelt werden, wenn 40 r durch zusätzliche Strahlenbelastung sich den natürlichen Einwirkungen addieren. Diese 40 r sind

als Grenzdosis für die durchschnittliche Strahlenbelastung der Keimdrüsen grösserer Bevölkerungsteile oder genetisch weitgehend abgeschlossener Bevölkerungsgruppen anzusehen.Häufige kleine Strahlendosen bei vielen Personen bedeuten für den Genbestand einer Bevölkerungsgruppe die gleiche Gefährdung wie eine hohe Dosis bei wenigen Personen,wenn das Produkt aus Personenzahl und Dosis dasselbe ist.

Die Schuhdurchleuchtungsapparate wurden in Deutschland,Dänemark,England,Kanada und besonders in den USA von verschiedenen Autoren und amtlichen Behörden untersucht.Eine Arbeit aus Deutschland befasst sich mit 10 technisch untersuchten Schuhdurchleuchtungsgeräten.Die Autoren geben einen Strahlendosiswert von 28 - 48 mr/Woche als die Strahlenbelastung der Verkäuferinnen an.Ein Autor aus Dänemark behauptet an den Füssen einer Schuhverkäuferin eine Röntgendermatitis festgestellt zu haben,die durch Missbrauch eines Schuhdurchleuchtungsgerätes verursacht sein soll.Die British Medical Research Council schätzt die Beteiligung der Schuhdurchleuchtungsapparate an der Gesamtstrahlenbelastung der Bevölkerung zu weniger als 0,1 % . Die umfangreichen Arbeiten aus Amerika berichten,dass bei den Kunden am Schuhdurchleuchtungsapparat an der Gonadengegend Strahlendosen von 0,1 - 0,5 r/min , "Beckendosen" von 0,03 - 0,17 r/20 sec-Durchleuchtung festgestellt wurden.Die Strahlenbelastung der Angestellten liege um 7 - 15 mr/Woche. Ein sehr hoher Prozentsatz der untersuchten Apparate war nicht vorschriftsmässig.Die Strahlenschutzanordnung der ASA für Schuhdurchleuchtungsapparate legt die Zahl der Durchleuchtungen für Kunden täglich auf 3 , jährlich auf 12 fest.Der Kunde dürfte pro Durchleuchtung nicht mehr als 2 r an die Füsse bekommen.Die Strahlenbelastung des Bedienungspersonals dürfte 12,5 mr/h nicht überschreiten.

In Deutschland fallen die Schuhdurchleuchtungsgeräte unter die sog. 'Röntgenverordnung'.Sie müssen bei der PTB einer Bauartprüfung unterzogen werden und stehen unter Meldepflicht und Gewerbeaufsicht.Die Dosisleistung darf im Schuhdurchleuchtungsraum 25 r/min , in 1,5 m Entfernung von der Schuheintrittsöffnung und auf allen Aussenflächen 10 µr/sec nicht überschreiten.Die Geräte haben Spannungs- und Stromwerte von

- 60 kV bzw. 3 - 8 mA und Dosisleistungen zwischen 7 und
r/min . In Bundesrepublik sind 2000 von 7 Firmen hergestell-
Schuhdurchleuchtungsapparate im Betrieb.

ch unseren statistischen Untersuchungen in Münchner Schuh-
schäften werden 18 % der verkauften Schuhe in Schuhdurch-
uchtungsgeräten angepasst.Die Beteiligung der Kinder ist mit
wa 40 % die grösste.Die Zahl der Durchleuchtungen in einem
huhgeschäft mit einem oder mehreren Schuhdurchleuchtungs-
paraten ist etwa 800/Woche oder 40 000/Jahr.Für München mit
Schuhgeschäften mit SDA liegt die jährliche Schuhdurchleucht-
gsfrequenz um 720 000 , davon fallen 300 000 auf Kinder.In
Bundesrepublik Deutschland,wo etwa 2000 SDA im Betrieb sind,
ge die Durchleuchtungszahl jährlich um 80 Millionen.In West-
tschland werden jährlich 119 Millionen Paar Schuhe herge-
ellt.Berechnet aus dem Verhältnis zwischen Schuhumsatz und
rchleuchtungsfrequenz werden jährlich 21,42 Millionen Schuh-
rchleuchtungen durchgeführt.Diese Zahl ist als genauer anzu-
hmen.Davon fallen 15,47 Millionen auf die genetisch bedeut-
me Bevölkerung.Die Dosisleistungen von 5 der von uns unter-
chten SDA lagen mit 26 - 53 r/min höher als der von der PTB
orgeschriebene Wert von 25 r/min . Die Strahlenmesswerte in
,5 m Entfernung vor der Fusseintrittsoffnung und an den
ussenflächen waren bei den meisten Geräten niedriger als der
orgeschriebene Wert von 10 /ur/sec . Die Gonadendosiswerte
ei einer Durchleuchtung von 8 sec sind für Knaben 7,6 /ur
nd für Männer 3,9 /ur, für mädchen und Frauen 1,8 bzw. 0,7/ur .
ei den Verkäuferinnen ist die Gonadendosis ebenfalls um
7 /ur/8 sec-Durchleuchtung . Die Strahlendosis ist für Kind-
die zweifache der von Erwachsenen.Die wöchentliche Strahlen-
elastung der Verkäuferinnen ist etwa 7,1 mr pro Kopf,das ist
3 % der höchstzulässigen Dosis von 0,3 r/Woche.Bei einer
huhdurchleuchtung von 8 sec bekommen die Kunden Strahlen-
sen von 3 - 1800 mr an verschiedene Stellen ihrer Füsse .

e mittlere genetische Strahlenbelastung der genetisch bedeut-
men Bevölkerung Deutschlands ist jährlich weniger als 2,6 -
,2 /ur pro Kopf der Bevölkerung.Für Kinder ist die mittlere
netische Belastung weniger als 4,5 - 18,5 /ur/Jahr pro Kopf.
e Summe der genetischen Belastung auf die genetisch bedeut-

same Bevölkerung innerhalb eines Jahres beträgt für Deutschland 62 - 268 r , davon auf Frauen 10 - 24 r und auf Männer 52 - 244 r . Die genetische Belastung pro Kopf der Bevölkerung für eine Generation ist weniger als 164 - 719 /ur. Die Beteiligung der Schuhdurchleuchtungen in der Gesamtstrahlenbelastung der Bevölkerung ist sehr gering und beträgt nur 0,0044 bis 0,017 % der natürlichen Grundstrahlung.Die Gonadendosis bei einer Schuh durchleuchtung ist etwa 10 % der Gonadendosis bei einer Lungenaufnahme . Dass somatische Schäden von Schuhdurchleuchtungen verursacht werden,ist höchst unwahrscheinlich.Die Schuhdurchleuchtungsapparate sind aber nur als kaufmännische Werbemittel anzusehen.Sie belasten die Bevölkerung,wenn auch gering,so doch mit unnötiger Strahlen und sollten deshalb vermieden werden. Eine strenge Überwachung der Apparate ist jedenfalls erforderlich .

Ganz besonderen Dank schuldet der Verfasser dem wissenschaftlichen Assistenten an dem Institut und der Poliklinik für Physikalische Therapie und Röntgenologie der Universität München,

Herrn Dr.med. Walter S e e l e n t a g

für seine technische Beratung bei der Verwendung der Messkammern und für seine Hilfe bei der Auswertung der Messergebnisse sowie für Durchsicht der Arbeit .

Verzeichnis der Abbildungen

	Seite
1. Schuhduchleuchtungsapparat	26
2. Halbwertschicht der SDA	60
3. a) Stellung des Kunden und des Verkäufers am SDA b) Stellung der Füsse im Schuhdurchleuchtungsraum	42

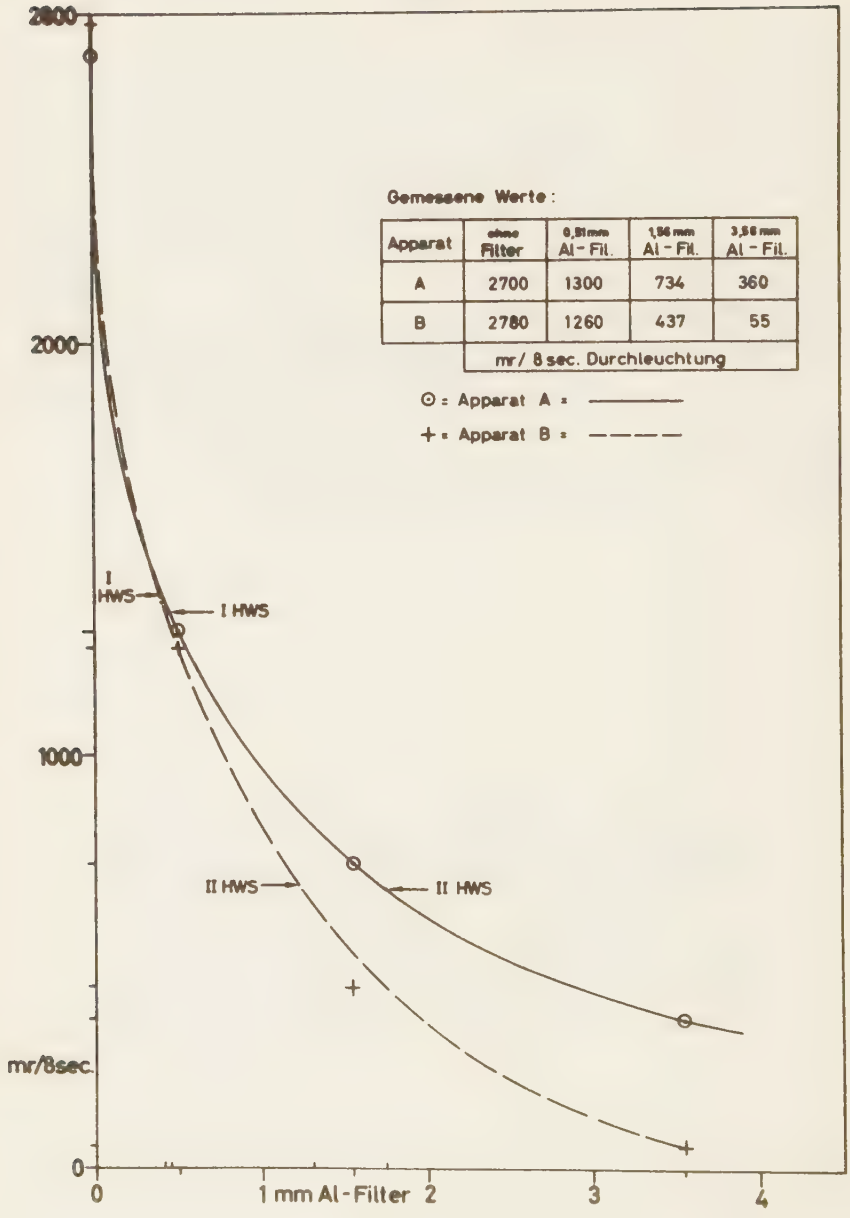

Abbildung 2 : Halbwertschicht der Schuhdurchleuchtungsapparate

Tabellenverzeichnis

		Seite
1.	Strahlenempfindlichkeit des menschlichen Gewebes	9
2.	Dosisleistungen verschiedener SDA nach PTB	23
3.	Unterlagen der statistischen Untersuchungen bei Fa.I	63
4.	" " " " " " " Fa.I	64
5.	" " " " " " " Fa.II	65
6.	" " " " " " " Fa.III	66
7.	Schuhdurchleuchtungsfrequenz innerhalb 2 Std. bei 3 Gruppen	67
8.	Schuhumsatz und Durchleuchtungsfrequenz ausgewertet nach den Prozentsätzen der Altersgruppen und insgesamt verkauften Schuhen	68
9.	Schuhdurchleuchtungsfrequenz jeweils innerhalb 2 Stunden bei 5 Gruppen	69
10.	Ergebnisse der Dosismessungen an 10 SDA , ermittelt mit 3 verschiedenen Geigerzählrohrgeräten	70
11.	Dosisleistungen um SDA , mit Zählrohrgeräten und Kondiometerkammern gemessen	71
12.	Dosisleistungen um SDA , gemessen mit Ionisationskammern oder aus Zählrohranzeigen umgerechnet	72
13.	Wiederholte Output-Messungen bei zwei SDA	73
14.	Leistungen und Strahlenqualitäten von zwei SDA	73
15.	Gonadendosis bei männlichen erwachsenen Kunden	74
16.	Gonadendosis bei Knaben	75
17.	Gonadendosis bei Verkäufern	76
18.	Gonadendosis , Minimal-,Maximal- und Mittelwerte bei Knaben,Männern und Verkäufern	77
19.	Gonadendosis , Korrigierte Minimal-,Maximal und Mittelwerte bei Knaben,Männern und Verkäufern	77
20.	Gonadendosis-Mittelwerte bei den Kindern,nach Körpergrössen in 2 Gruppen geordnet	76
21.	Vergleich der Strahlungsintensität bei den Gonadendosis-Messungen um den Hoden und in der Hosentasche	78
22.	Vergleich der Strahlungsintensität bei den Gonadendosis-Messungen um den Hoden und in der Hosentasche, korrigierte Werte	78
23.	Strahlenbelastung der Angestellten in Schuhgeschäften mit Schuhdurchleuchtungsgeräten	78
24.	Hautdosis bei den Kunden an die Füssen abseits vom direkten Strahlengang	80

Seite

25. Hautdosis bei den Kunden an die durch den Schuh bedeckte Fussohle im direkten Strahlengang 79

26. Gonadendosis für beide Geschlechter bei Schuhdurchleuchtungen 45

27. Jährliche genetische Strahlenbelastung pro Kopf der Bevölkerung bei Schuhdurchleuchtungen 80

28. Jährliche genetische Gesamtstrahlenbelastung der Bevölkerung bei Schuhdurchleuchtungen 81

29. Genetische Strahlenbelastung pro Kopf der Bevölkerung innerhalb eines Generationszeitraumes bei Schuhdurchleuchtungen 81

30. Natürliche Grundstrahlung und zusätzliche Strahlenbelastung des Menschen 51

31. Gonadendosiswerte bei einigen medizinisch-diagnostischen Röntgenaufnahmen, verglichen mit Schuhdurchleuchtungen 52

Untersuchung Nr. 1

F i r m a I

Zahl der Verkäuferinnen : 90

Zeitdauer : 2 Stunden

Verkaufte Schuhpaare : 207

Damen	: 122
Herren	: 48
Kinder	: 37

A p p a r a t A 38 kV 6 mA 8 sec-Durchl.		
	A l t e r	
	weibl.	männl.
1.	35	
2.		33
3.	15	
4.	15	
5.		33
6.	40	
7.		25
8.	13	
9.	10	
10.		60
11.		18
12.	11	
13.		55
14.		60
15.		60

A p p a r a t B 38 kv 6 mA 8 sec-Durchl.		
	A l t e r	
	weibl.	männl.
16.		21
17.		7
18.		21
19.		21
20.		4
21.		4
22.		3
23.		40
24.		4
25.		3
26.		6
27.		7
28.	25	
29.	25	
30.		5
31.		5
32.		6
33.		24
34.		24
35.	4	
36.		24
37.		16
38.		24
39.		6
40.	5	
41.		7

Tabelle 3 : Unterlagen der statistischen Untersuchungen bei Firma I

Untersuchung Nr. 2

F i r m a I

Zahl der Verkäuferinnen : 90

Zeitdauer : 2 Stunden

Verkaufte Schuhpaare : 178

Damen	: 112
Herren	: 30
Kinder	: 36

Apparat A 38 kV 6 mA 8 sec-Durchl.			Apparat B 38 kV 6 mA 8 sec-Durchl.		
	Alter weibl.	männl.		Alter weibl.	männl.
1.		15	17.	45	
2.		13	18.	60	
3.	13		19.		40
4.	5		20.	50	
5.		4	21.	14	
6.	10		22.	50	
7.	10		23.	50	
8.		10	24.	20	
9.		6	25.		50
10.		6	26.	35	
11.	3		27.		12
12.	8		28.	16	
13.		5	29.		28
14.		5	30.	18	
15.		3	31.	18	
16.		10	32.	35	
			33.		50
			34.		15

Tabelle 4 : Unterlagen der statistischen Untersuchungen bei Firma I

Untersuchung Nr. 3

F i r m a II

Zahl der Verkäuferinnen : 31

Zeitdauer : 2 Stunden

Verkaufte Schuhpaare : 101

Damen	: 58
Herren	: 34
Kinder	: 9

A p p a r a t C 38 kV 4 mA 8 sec-Durchl.			A p p a r a t D 38 kV 4 mA 8 sec-Durchl.		
	A l t e r			A l t e r	
	weibl.	männl.		weibl.	männl.
1.	60		7.		55
2.	60		8.		24
3.	25		9.		45
4.	35		10.		50
5.	40		11.		45
6.	45		12.		10
			13.		50
			14.	18	

Tabelle 5 : Unterlagen der statistischen Untersuchungen bei Firma II

Untersuchung Nr. 4

F i r m a III

Zahl der Verkäuferinnen : 70

Zeitdauer : 2 Stunden

Verkaufte Schuhpaare : 121

Damen	: 73
Herren	: 16
Kinder	: 32

A p p a r a t E		
? kV	? mA	
7 sec-Durchl.		
	A l t e r	
	weibl.	männl.
1.		25
2.		9
3.		9
4.		9
5.		9
6.		9
7.		33
8.		24
9.		24
10.		21
11.		12
12.		30
13.		40

A p p a r a t F		
? kV	? mA	
5 sec-Durchl.		
	A l t e r	
	weibl.	männl.
14.	40	
15.	45	
16.	50	

A p p a r a t G		
? kV	? mA	
5 sec-Durchl.		
	A l t e r	
	weibl.	männl.
17.		9
18.		14
19.	4	
20.		9
21.		8
22.		8
23.	28	
24.	35	
25.	60	
26.	60	
27.	35	
28.	60	
29.	60	
30.		50
31.		50
32.		7
33.		6
34.	9	
35.	30	

Tabelle 6 : Unterlagen der statistischen Untersuchungen bei Firma III

Untersuchg. Nr.	Kinder bis 14 J.	Frauen ab 14 J.	Männer ab 14 J.	Gesamt
	Z a h l	der	Durchleuchtungen	
1.	18	8	17	41
2.	17	11	6	34
3.	1	7	6	14
4.	15	11	9	35
Summe	51	35	38	124
Gesamt-relation	41 %	28 %	31 %	100 %

Tabelle 7 : Schuhdurchleuchtungsfrequenz innerhalb 2 Stunden bei 3 Gruppen : a) Kinder bis 14 J.
b) Frauen ab 14 J.
c) Männer ab 14 J.

Unter-suchg. Nr.		Zahl der verk. Schuhe in 2 Std.	Durchleuchtungen per 100 der in den Altersgruppen verkauften Schuhe: Kinder bis 14 J. weibl.	männl.	Frauen 14-35 Jahre	Männer 14-40 Jahre	Frauen und Männer über 35 bzw. 40 J.	Gesamt
1.	Zahl:	207	5	13	5	13	5	41
	% der Altersgruppenschuhe:		26	35	4,1	27	-	-
	% der insges. verk. Schuhe:		2,4	6,3	2,4	6,3	2,4	19,8
2.	Zahl:	178	7	10	6	4	7	34
	% der Altersgruppenschuhe:		19,4	27,8	5,4	13,3	-	-
	% der insges. verk. Schuhe:		3,9	5,9	5,6	3,4	2,2	19,1
3.	Zahl:	101	0	1	3	1	9	14
	% der Altersgruppenschuhe:		0	11,1	5,2	2,9	-	-
	% der insges. verk. Schuhe:		0	1,0	3,0	1,0	8,9	13,9
MITTELWERT	% der Altersgruppenschuhe:		23	25	5	14	-	-
	% der insges. verk. Schuhe:		3	5	3	3	5	18

Tabelle 8 : Schuhumsatz und Durchleuchtungsfrequenz ausgewertet nach den Prozentsätzen der Altersgruppen und insgesamt verkauften Schuhen

Unter-suchg. Nr.	K i n d e r weiblich bis 14 J.	männlich bis 14 J.	E r w a c h s e n e weiblich 14-35 J.	männlich 14-40 J.	weibl. und männl. über 35 bzw. 40 J.	Gesamt
	Z a h l	d e r	D u r c h l e u c h t u n g e n			
1.	5	13	5	13	5	41
2.	7	10	6	4	7	34
3.	0	1	3	1	9	14
4.	2	13	4	7	9	35
Summe	14	37	18	25	30	124
Gesamt-relation	11 %	30 %	15 %	20 %	24 %	100 %

Tabelle 9 : Schuhdurchleuchtungsfrequenz jeweils innerhalb 2 Stunden bei 5 Gruppen : a) Mädchen bis 14 Jahren
b) Knaben bis 14 Jahren
c) Frauen 14 - 35 Jahren
d) Männer 14 - 40 Jahren
e) Frauen und Männer über 35 bzw. 40 Jahren

	U kV	I mA	Durchl. dauer sec	Output r/min	Vor der Fussöffnung µr/sec Berkeley	FH40H	Aspor	1,5 m vor der Fussöffnung µr/sec Berkeley	FH40H	Aspor	Vorderwand-Gonadenhöhe µr/sec Berkeley	FH40H	Aspor	Seitenwand-Gonadenhöhe µr/sec Berkeley	FH40H	Aspor	Hinterwand-Gonadenhöhe µr/sec Berkeley	FH40H	Aspor	
1.	38	6	8	36	2,8	22	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(a)
					2,5	22	14	0,5	4,2	0,8	0,3	0,1	0,06	0,3	0,3	0,03	0,2	0,3	0,06	(b)
					2,8	8,3	8,3	0,1	0,3	0,01	0,02	0,3	0,06	0,006	0,1	0,03	0,01	0,1	0,03	(c)
2.	38	6	8	26	2,2	22	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
					2,2	28	14	0,4	1,9	0,3	0,3	0,3	0,03	0,2	0,3	0,03	0,1	0,6	0,03	
					2,5	19,4	5,6	0,03	0,3	0,01	0,02	0,3	0,03	0,01	0,3	0,001	0,01	0,3	0,01	
3.	50	6	-	10	3,1	25	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
					2,5	22	12,5	0,4	5,6	0,1	0,4	0,7	0,4	0,4	0,8	0,2	0,4	0,8	0,3	
					2,2	11	6,9	0,1	0,3	0,03	0,1	0,8	0,4	0,1	0,6	0,2	0,08	0,3	0,1	
4.	38	6	8	22	2,5	25	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
					2,5	22	12,5	0,2	6,9	1,4	0,3	0,3	0,06	0,1	0,3	0,03	0,1	0,1	0,04	
					2,8	8,3	2,8	0,2	0,3	0,03	0,008	0,3	0,01	0,006	0,1	0,03	0,006	0,1	0,03	
5.	38	8	6	51	2,8	25	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
					2,5	25	11	0,5	5,6	0,7	0,3	0,3	0,07	0,3	0,6	0,2	0,3	-	-	
					2,8	11	5,6	0,1	0,4	0,03	0,01	0,3	0,1	0,006	0,1	0,2	0,06	-	-	
6.	?	?	-	> 53	3,1-4,2	28-42	19,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
					2,5	22	19,4	3,3	5,6	2,2	3,3	1,9	2,5	2,8	5,6	1,7	2,8	6,9	2,8	
					2,2	17	11	0,4	0,4	0,4	1,4	4,2	2,5	0,8	0,8	1,4	1,4	2,2	2,2	
7.	40	8	10	11	2,5	25	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
					2,2	25	11	0,4	1,9	0,3	0,3	0,3	0,06	0,3	0,4	0,07	0,3	0,8	0,06	
					2,8	5,6	5,6	0,03	0,3	0,03	0,01	0,3	0,01	0,04	0,3	0,06	0,03	0,1	0,06	
8.	?	?	6	11	2,8	28	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
					2,6	25	14	3,3	5,6	2,8	3,3	5,6	2,5	3,6	5,6	2,8	3,3	14,0	4,4	
					2,2	11	8,3	0,4	0,4	0,3	0,3	3,3	2,1	1,4	2,8	2,8	2,2	5,6	3,9	
9.	38	4	9	35	2,5	28	12,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
					2,5	28	11	0,3	3,3	0,8	0,3	0,3	0,1	0,3	0,6	0,1	0,3	1,1	0,1	
					2,6	8,3	5,6	0,03	0,3	0,03	0,03	0,1	0,1	0,06	0,3	0,1	0,03	0,3	0,03	
10.	38	4	7	20	2,2	28	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
					2,2	25	11	0,3	2,5	0,6	0,3	0,3	0,03	0,2	0	0,03	0,3	0,6	0,03	
					2,8	8,3	4,2	0,04	0,2	0,03	0,03	0,1	0,03	0	0	0,01	0,01	0,1	0	

Tabelle 10 : Ergebnisse der Dosismessungen an 10 SDA , ermittelt mit 3 verschiedenen Geigerzählrohrgeräten (Berkeley,FH 40 H,Aspor).
a) Fussdurchleuchtungsraum leer,Filter-Fenster des Zählrohrgerätes offen
b) Ein Paar Schuhe im Fussdurchleuchtungsraum,Filter-Fenster offen
c) " " " " " " " " " zu

Bei den Geräten mit automatischen Abschaltungseinrichtungen ist auch die Durchleuchtungsdauer gegeben .

App. Nr.	Messort	Dosisleistung in µr/sec gemessen mit Instrument							Faktor Kammer : FH 40 H	
		Berkeley		FH 40 H		Aspor		Kammer		
		a	b	a	b	a	b		a	b
	Vor der Fussöffnung	2,5	2,2	22	11	13	7	11	500	1000
	1,5 m vor der Fussöffnung	0,4	0,14	5,6	0,28	1,1	0,03	10,7	1,9	38
3.	Vorderwand-Gonadenhöhe	0,4	0,14	0,7	0,83	0,4	0,14	9,2	13	11
	Seitenwand-Gonadenhöhe	0,36	0,14	0,83	0,56	0,21	0,17	9,2	11	16
	Hinterwand-Gonadenhöhe	0,36	0,08	0,83	0,28	0,28	0,14	8,6	10	31
	Vor der Fussöffnung	2,2	2,8	25	5,6	11	5,6	5300	210	950
	1,5 m vor der Fussöffnung	0,36	0,03	1,9	0,28	0,28	0,03	2,9	1,5	10,4
7.	Vorderwand-Gonadenhöhe	0,28	0,01	0,28	0,28	0,06	0,01	4,3	15	15
	Seitenwand-Gonadenhöhe	0,33	0,04	0,42	0,28	0,07	0,06	1,2	3	4,2
	Hinterwand-Gonadenhöhe	0,33	0,03	0,83	0,14	0,06	0,06	3,7	4,5	26
	Vor der Fussöffnung	2,6	2,2	25	11	14	8,3	üb.416	-	-
	1,5 m vor der Fussöffnung	3,3	0,4	5,6	0,4	2,8	0,3	15,8	2,8	40
8.	Vorderwand-Gonadenhöhe	3,3	0,3	5,6	3	2,5	2,1	16,1	2,9	5,4
	Seitenwand-Gonadenhöhe	3,6	1,4	5,6	2,8	2,8	2,8	13,6	2,4	4,9
	Hinterwand-Gonadenhöhe	3,3	2,2	14	5,6	4,4	3,9	64	4,6	12

Tabelle 11 : Dosisleistungen um Schuhdurchleuchtungsapparate,
mit verschiedenen Instrumenten gemessen
Zählrohr-Überwachungsgerät Berkeley
" " " " " FH 40 H
" " " " " Aspor
Kondensatorkammern zum Kondiometer mit 33 und 45 mm Durchmesser

a : offenes Zählrohrfenster
b : geschlossenes Zählrohrfenster
(für Gammastrahlen-Messungen)

Apparat Nr.	U kV	I mA	Durchl. dauer sec	Output r/min	HWS mm Al	Dosisleistung im Schuh r / m i n		Streudosisleistung in µr / sec				
						Gummisohle	Ledersohle	Fussöffnung	1,5 m vor der Fussöffnung	Vorderwand Gonadenhöhe	Seitenwand Gonadenhöhe	Hinterwand Gonadenhöhe
1 .	38	6	8	36	0,4	13	14	7900	8,8	1,4	1,5	1,8
2 .	38	6	8	26	0,35	5,9	8	9900	4,1	2,9	1,5	3,6
3x.	50	6	-	10	-	3,3	5,6	11000	10,7	9,2	9,2	8,6
4 .	38	6	8	22	-	5,6	7,9	7900	14,6	2,9	1,5	0,9
5 .	38	8	6	51	-	>8,8	>9,5	8900	11,7	2,9	3,1	2,9
6 .	?	?	-	>53	-	3	-	7900	11,7	20	31	45
7x.	40	8	10	11	-	3,6	4,2	5300	2,9	4,3	1,2	3,7
8x.	?	?	6	11	-	3,9	7,4	8900	15,8	16,1	13,6	64,4
9 .	38	4	9	35	-	9,8	>15	9900	7	4,3	3,1	7,2
10 .	38	4	7	20	-	7,7	13,5	8900	5,3	2,9	0,8	3,6
Mittelwert	40	6	8	28	0,4	6,5	9,4	8700	9,3	6,7	6,7	14,2

x) Alle Messungen mit Ionisationskammern. Streudosen bei den anderen Geräten umgerechnet; eine Fehlergrenze von etwa ± 50 % ist hier möglich.

Bemerkungen : Angaben über kV und mA sind den Geräte-Aufschriften entnommen; sie wurden nicht nachgeprüft.

Tabelle 12 : Dosisleistungen um Schuhdurchleuchtungsgeräte
Gemessen mit Ionisationskammern
oder aus Zählrohranzeigen umgerechnet

Apparat A 38 kV 6 mA			Apparat B 38 kV 6 mA	
mr/8 sec	r/min		mr/8 sec	r/min
über 3100	über 23,2		über 2700	über 20,2
" 3180	" 23,9		" 3100	" 23,2
3500	26,2		" 2700	" 20,2
3700	27,8		" 3100	" 23,2
3200	24,0		3800	28,5
3650	27,4		5400	40,5
			3900	29,2
			3500	26,2
			6200	46,5
			4650	34,8
			6350	47,6
			4800	36,0
3512	26,35	Mittelwert	4850	36,2

Tabelle 13 : Wiederholte Output-Messungen bei zwei SDA , gemessen direkt an der Schuhplatte im direkten Strahlengang

App.	kV	mA	Durchl. dauer sec	Output r/min	I. HWS mm Al	II. HWS mm Al	Homogenitäts-faktor	Aus HWS ermittelte Filterung mm Al
A	38	6	8	26,4	0,45	1,30	0,35	ca. 0,4
B	38	6	8	36,2	0,40	0,80	0,50	ca. 0,35

Tabelle 14 : Leistungen und Strahlenqualitäten von zwei Schuhdurchleuchtungsapparaten

	Alter Jahre	Grösse cm	Dosis /ur/mAs	Dosis /ur/8 sec Durchl.	Lage der Kammer
1.	25	180	0,13	6,1	Hoden
2.	25	180	0,04	1,9	"
3.	21	175	0,04	1,7	"
4.	21	175	0,03	1,2	"
5.	24	180	0,04	1,7	"
6.	24	180	0,04	2,0	Hosentasche
7.	24	180	0,04	1,7	Hoden
8.	24	180	0,12	5,9	Hosentasche
9.	22	170	0,09	4,1	Hoden
10.	50	170	0,65	32	Hosentasche
11.	55	175	0,2	9,5	" "
12.	35	170	0,2	9,5	" "
13.	23	180	0,06	2,8	Hoden
14.	23	180	0,07	3,4	"
15.	23	180	0,07	3,4	Hosentasche
16.	18	175	0,04	2,0	Hoden
17.	18	175	0,11	5,2	"
18.	18	175	F e h l m e s s u n g		
19.	23	170	0,19	9,3	Hosentasche
20.	23	170	F e h l m e s s u n g		
21.	26	165	0,04	1,9	Hoden
22.	23	180	0,07	3,4	"
23.	23	180	0,04	2,0	Hosentasche
24.	23	175	0,07	3,6	Hoden

Tabelle 15 : Gonadendosis bei männlichen Erwachsenen
a) Kunden
(Apparat A : 38 kV , 6 mA)

	Alter Jahre	Grösse cm	Dosis /ur/mAs	Dosis /ur/8 sec Durchl.	Bemerkungen	
1.	9	137	2,8	135	Fenster[x]	zu
2.	10	150	2,9	140	"	zu
3.	9	138	0,03	1,3	"	zu
4.	10	136	0,09	1,3	"	zu
5.	11	145	0,06	2,9	"	zu
6.	7	136	0,13	6,1	"	zu
7.	7	126	0,14	6,6	"	offen
8.	7	124	0,12	5,9	"	offen
9.	4	100	0,08	3,6	"	offen
10.	5	114	0,24	11,4	"	offen
11.	6	117	0,08	3,9	"	offen
12.	7	118	0,08	3,8	"	offen
13.	5	104	0,42	20,0	"	offen
14.	5	105	0,16	7,7	"	offen
15.	7	117	0,17	8,3	"	offen
16.	8	130	0,08	4,0	"	zu
17.	9	133	0,13	6,1	"	zu
18.	8	122	0,23	11,0	"	zu
19.	7	130	0,37	18,0	"	zu
20.	8	135	1,3	61	"	zu
21.	3	100	0,21	10,0	"	zu
22.	4	110	0,2	9,6	"	zu

[x]) Fenster : das Guckloch für das Kleinkind an der Vorderwand des Schuhdurchleuchtungsapparates

Tabelle 16 : Gonadendosis bei Knaben
Lage der Kammer : Hosentasche
(Apparat A : 38 kV , 6 mA)

	Alter Jahre	Grösse cm	Dosis /ur/mAs	Dosis /ur/8 sec Durchl.	Lage der Kammer + Entfernung x	cm
1.	25	180	F e h l m e s s u n g			10
2.	21	175	0,02	1,0	Hosentasche	20
3.	26	165	0,14	6,7	" "	10
4.	23	175	0,04	1,9	" "	10
5.	23	180	0,07	3,4	" "	10
6.	18	175	0,07	3,8	" "	20
7.	24	180	0,24	11,3	" "	10
8.	24	180	0,15	7,0	" "	10
9.	24	180	0,65	31,0	" "	10

Erklärung : Die in der letzten Säule gegebenen Entfernungen sind die Entfernungen der Gonaden von der Seiten wand des Apparates

Tabelle 17 : Gonadendosis bei männlichen Erwachsenen
b) Verkäufer

Körper-grösse	Zahl des Mater.	/u r / m A s			/ur/Durchleuchtung (8 sec)		
		min.	mittl.	max.	min.	mittl.	max.
bis 120 cm	9	0,08	0,18	0,42	3,6	8,71	20,0
120 bis 150 cm	10	0,03	0,14	0,37	1,3	6,61	18,0

Tabelle 20 : Gonadendosis-Mittelwerte bei den Kindern
Nach Körpergrössen in 2 Gruppen geordnet:
a) Kinder bis 120 cm Körpergrösse
b) Kinder von 120 bis 150 cm Körpergrösse
(Korrigierte Werte)

Gruppen	Zahl des Mater.	µr / mAs			µr/Durchleuchtung (8 sec)		
		min.	mittl.	max.	min.	mittl.	max.
Kinder (männl.)	22	0,03	0,46	2,9	1,3	21,84	140
Kunden (männl.)	24	0,03	0,1	0,65	1,2	4,76	32
Verkäufer (männl.)	9	0,02	0,17	0,65	1,0	8,26	31

Tabelle 18 : Gonadendosis
Minimal- , Maximal- und Mittelwerte
a) Kinder (männl.)
b) Erwachsene Kunden (männl.)
c) Verkäufer (männl.)

Gruppen	Zahl des Mater.	µr / mAs			µr/Durchleuchtung (8 sec)		
		min.	mittl.	max.	min.	mittl.	max.
Kinder (männl.)	19	0,03	0,16	0,42	1,3	7,6	20,0
Kunden (männl.)	21	0,03	0,08	0,2	1,2	3,9	9,5
Verkäufer (männl.)	6	0,02	0,08	0,15	1,0	3,96	7,0

Tabelle 19 : Gonadendosis
Korrigierte Minimal- , maximal- und Mittelwerte
a) Kinder (männl.)
b) Erwachsene Kunden (männl.)
c) Verkäufer (männl.)

Bei der Korrektion sind die folgenden Dosiswerte beseitigt :

Tabelle 15 : 10,18,20
" 16 : 1,2,20
" 17 : 1,7,9

Lage der Kammer	Zahl des Mater.	µr / mA s min.	mittl.	max.	µr/Durchleuchtung (8 sec) min.	mittl.	max.
Hoden	14	0,03	0,06	0,13	1,2	2,91	6,1
Hosentasche	8	0,02	0,19	0,65	2,0	9,2	32,0

Tabelle 21 : Unterschiedliche Abläufe der Kammern
Vergleich der Strahlungsintensität bei den Gonadendosismessungen
a) Um den Hoden
b) In der Hosentasche

Lage der Kammer	Zahl des Mater.	µr / mA s min.	mittl.	max.	µr/Durchleuchtung (8 sec) min.	mittl.	max.
Hoden	14	0,03	0,06	0,13	1,2	2,91	6,1
Hosentasche	7	0,02	0,12	0,2	2,0	5,9	9,5

Tabelle 22 : Unterschiedliche Abläufe der Kammern
Vergleich der Strahlungsintensität bei den Gonadendosismessungen
a) Um den Hoden
b) In der Hosentasche
Korrigierte Werte

Bei der Korrektion sind folgende Dosiswerte beseitigt : Tabelle 15 : 10,18,20

	Zeitdauer (Wochenstundenzahl)	Dosis mr/Woche
1.	46 Std.	7,5
2.	46 "	7,8
3.	46 "	5,9
Mittelwert	46 Std.	7,1

Tabelle 23 : Strahlenbelastung der Angestellten in Schuhgeschäften mit Schuhdurchleuchtungsgeräten

	U kV	I mA	Output r/min	Durchl. sec	Gummisohle r/Durchl.	Gummisohle r/min	Ledersohle r/Durchl.	Ledersohle r/min
1.	38	6	36	8	ca. 1,8	13,2	ca. 2,0	15
2.	38	6	26	8	0,8	5,9	ca. 2,0	15
3.	50	6	10	10[x]	0,55	3,3	0,93	5,6
4.	38	6	22	8	0,8	5,9	ca. 2,0	15
5.	38	8	51	6	1,8	18	ca. 2,0	20
6.	?	?	>53 (?)	10[x]	0,5	3	-	-
7.	40	8	11	10	0,6	3,6	0,7	4,2
8.	?	?	11	6	0,4	3,9	0,7	7,4
9.	38	4	35	9	1,5	9,8	ca. 3,3	20
10.	38	4	20	7	0,9	7,7	1,6	13,5
Mittelwert				8	1,0	7,4	1,7	12,9

Dosismittelwert an die Fussohle im direkten Strahlengang : 1,4 r/8 sec-Durchl., 10,2 r/min

[x]) Apparate ohne autom.Ausschaltungseinrichtungen; die Durchleuchtungsdauer wurde schätzungsweise als 10 sec angenommen.

Tabelle 25 : Hautdosis bei den Kunden an die durch den Schuh bedeckte Fussohle im direkten Strahlengang

Lage der Kammer : Im Schuh unter den Zehen

Lage der Kammer	µr/mAs	mr/Durchl. (8 sec)	mr/min
1. Im Schuh unter d.Fussgewölbe	62	3	22,5
2. " " " " " "	41	2	15,0
3. " " " " " "	130	6,1	45,8
4. " " " " " "	230	11	82,5
5. " " " " " "	300	14,4	108,0
Mittelwert im Schuh unter dem Fussgewölbe :	153	7,3	54,8
6. Sprunggelenk lateral	13	0,6	4,5
7. " " medial	335	16,0	120,0
8. " " vorn	47	2,3	17,3
9. " " "	81	3,9	29,3

Tabelle 24 : Hautdosis bei den Kunden an die Füsse abseits vom direkten Strahlengang

Altersgruppen	Berechnet aus Schuhdurchleuchtungsfrequenz		Berechnet aus Verhältnis Schuhumsatz : Durchleuchtungsfrequenz
	Deutschland	München	Deutschland
Mädchen bis 14 J.	3,0	1,4	1,7
Knaben bis 14 J.	34,0	16,0	7,4
Frauen , 14-35 J.	0,9	0,5	0,08
Männer , 14-40 J.	7,0	3,0	1,3
Mittelwert (genetisch bedeutsame Bevölkerung)	10,2	5,2	2,6
	µr/Jahr pro Kopf		

Tabelle 27 : Jährliche genetische Strahlenbelastung pro Kopf der Bevölkerung bei Schuhdurchleuchtungen

Altersgruppen	Berechnet aus Schuhdurchleuchtungsfrequenz	(Belastung d. Münchner Bevölkerung x 52,6)	Berechnet aus Verhältnis Schuhumsatz : Durchleuchtungsfrequenz
Frauen , 0-35 J.	24 r	10 r	10 r
Männer , 0-40 J.	244 r	116 r	52 r
Gesamtbelastung (genetisch bedeutsame Bevölkerung)	268 r	126 r	62 r

Tabelle 28 : Die jährliche genetische Gesamtstrahlenbelastung der Bevölkerung bei Fussdurchleuchtungen in Schuhgeschäften in Bundesrepublik Deutschland

Altersgruppen	Berechnet aus Schuhdurchleuchtungsfrequenz		Berechnet aus Verhältnis Schuhumsatz : Durchleuchtungsfrequenz
	Deutschland	München	Deutschland
Mädchen bis 14 J.	42	20	24
Knaben bis 14 J.	476	224	104
Frauen , 14-35 J.	19	10	2
Männer , 14-40 J.	182	78	34
Gesamtbelastung für eine Generation	719	332	164

u r pro Kopf pro Generationszeitraum

Tabelle 29 : Genetische Strahlenbelastung pro Kop der Bevölkerung innerhalb eines Generationszeitraumes bei Schuhdurchleuchtungen

Schrifttum

1. Altenkirch,W., Pedoskop-Röntgen-Apparate,Uelzen/Hann., Privatkorrespondenz vom 19.3.1958 .
2. American Conference of Governmental Industrial Hygienists: A Guide for Uniform Industrial Hygiene Codes or Regulations for the Use of Fluoroscopic Shoe-Fitting Devices, Juli 1951 .
3. American Safety Code for the Industrial Use of X-Rays, 254.1 , American Standards Assn.,New York, 1946 .
4. Bayerisches Statistisches Landesamt: Bericht über das Bayerische Gesundheitswesen für das Jahr 1955, München, 1956 .
5. Bekanntmachung der Bedingungen für die Bauartprüfung und -zulassung von Röntgenröhren und Röntgenhauben zur Verwendung in nichtmedizinischen Betrieben,Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB),Braunschweig, 23.1.1954 .
6. Binks,W., Director of the Radiological Protection Service, British Ministry of Health and Medical Research Council, Privatkorrespondenz vom 10.1.1958 .
7. Bourne,H.G.,E.M.Cordier, Public Health Aspects of Industrial X-Ray Apparatus in Ohio,J.of Industrial Medicine and Surgery,Vol.21,No.1, Jan.1952 , 21-24 .
8. British Medical Research Council: The Hazards to Man of Nuclear and Allied Radiations,London, 1956 , dtsch. Übersetzung Strahlenschutz-Schriftenreihe des DRK, 1956 .
9. Dillingham,W.E.,W.W.Stalker, Kentucky Study Reveals Most X-Ray Shoe-Fitting Machines are Defective,Industrial Health Monthly,Vol.II,No.5, Mai 1951 .
10. Dyson,E.D., Shoe-Fitting X-Ray Fluoroscopes,Radiation Measurements and Hazards,British Medical Journal .
11. Federal Security Agency,U.S.Public Health Service: Radiation Exposure in the United States - Shoe-Fitting Fluoroscopes,Tentative Report, Aug.1952 .
12. Frederick,W.G.,R.G.Smith, Health Problems of X-Ray Shoe-Fitting,American Industrial Hygiene Assn.Quarterly, Vol.9,No.4, Dez.1948 .
13. Graf,H.,Oberingenieur der Siemens-Reiniger-Werke AG, Erlangen,Briefwechsel Dipl.Ing.Graf - Priv.Doz.F.E.Stieve, 19.12.1956 .
14. Hempelmann,L.H., Potential Dangers in Uncontrolled Use of Shoe-Fitting Fluoroscopes,New England J.of Medicine, No.241, Sept.1949 , 335 .
15. Hübner,W.,Regierungsrat,PTB Braunschweig,Abt.VI,Briefwechsel Dr. Hübner - Priv.Doz.Dr.F.E.Stieve, 8.1.1957

16. Jüngling,O., Allgemeine Strahlentherapie,Stuttgart, 1938 .

17. Kopp,H., Radiation Damage Caused by Shoe-Fitting Fluoroscope,British Medical Journal,No.5057, Dez.7,1957 .

18. Langendorff,H., Zur Problematik der Strahlengefährdung des Menschen,Med.Klinik,Sonderheft,Jahrgang 52,Nr.7, 15.Feb.1957 , 251-254 .

19. Large Proportion of X-Ray Shoe-Fitting Machines Examined by States Found Unsafe,Indust.Health Monthly,Vol.II,No.5, Mai 1951 .

20. Laughlin,J.S.,I.Pullman, Gonadal Dose Produced by the Medical Use of X-Rays,National Research Council: The Biological Effects of Atomic Radiation,Washington, 1956 .

21. Lewis,L.,P.E.Caplan, The Shoe-Fitting Fluoroscopes as a Radiation Hazard,California Med.,No.72, 1950 , 26-30 .

22. Martius,H., Strahlenschäden bei der Frau,Med.Klinik, Sonderheft,Jahrgng.52,No.7, 15.Feb.1957 , 255-263 .

23. Miller,R.C., X-Rays in the Shoe-Shop,Family Doctor, Sept. 1953 .

24. Moeller,D.W.,J.G.Terril,S.C.Ingraham, Radiation Exposure in the United States,U.S.Dept.of Health,Education and Welfare,Public Health Reports,Vol.68,No.1, Jan.1953 , 59 : "Commercial Use of X-Rays" .

25. National Academy of Sciences - National Research Council : The Biological Effects of Atomic Radiation,Summary Reports,Washington, 1956 .

26. New York City Dept.of Health: Sanitary Code,Sect.107 a , 1.3.1948 .

27. New York State Dept.of Labor,Div.of Industrial Hygiene and Safety Standards: Radiation Exposure in Shoe-Stores, Monthly Review,Vol.31,Nos.9-10, 1952 .

28. Marley,W.G., Mitteilung auf dem 1.Kurs der WHO über Health Physics in Stockholm, Dez.1955 .

29. Physikalisch-Technische Bundesanstalt,Braunschweig: Zulassungsschein Nr.551 für Schuhdurchleuchtungsapparat "Pedoskop", Aug.1956 .

30. Physikalisch-Technische Reichsanstalt,Berlin: Prüfungsschein für einen Pedoskopapparat für Schuhdurchleuchtung, 15.1.1930 .

31. Ratcliff,J.D., Are You Getting Too Much X-Ray ?,Redbook Magazine, Mai 1950 , 72 .

32. Report on Survey of Fluoroscopic Shoe-Fitting Machines, Industrial Hygiene Sect.,Division of Sanitation,Kansas City Board of Health, Juli 1950 .

33. Rieker,Vorsitzender des betriebswirtschaftlichen Ausschusses im Hauptverband der deutschen Schuhindustrie,Süddeutsche Zeitung, 14.4.1958 .

34. Röntgen-Ehret,Freiburg: Privatkorrespondenz vom 23.4.1958 .

35. Röntgenstelle beim Materialprüfungsamt,Berlin: Zeugnis über Strahlenschutzmessungen eines Pedoskops, 2.Okt.1950 .

36. Schardt,A.,R-H.Müller, Strahlenmessungen an Schuhdurchleuchtungsgeräten,Arbeitsschutz, 1958 , 48-50 .

37. Schirren,C.G.,P.van Caneghem, Tierexperimentelle Untersuchungen zur Frage der Röntgenstrahlenempfindlichkeit von Knochenwachstumszonen,Strahlentherapie,Nr.100,1956 .

38. Seelentag,W., Strahlung und Mensch,ein brennendes Zeitproblem,Wiss.Beibl.,Materia Medica Nordmark,Nr.23,1957 .

39. Seelentag,W., Zur Frage der genetischen Belastung der Bevölkerung durch die Anwendung ionisierender Strahlen in der Medizin,Teil I,Strahlentherapie,Band 104,Heft 2, 1957 .

40. Seelentag,W.,D.v.Arnim,E.Klotz,J.Numberger, Zur Frage der genetischen Belastung der Bevölkerung durch die Anwendung ionisierender Strahlen in der Medizin,Teil II,Strahlentherapie,Band 105,Heft 2, 1958 .

41. Seven Stores X-Ray Devices Found Unsafe,Louisville Times, 22.Okt.1953 .

42. Shoe-Fitting Fluoroscopes,J.of Amer.Med.Assn.,Vol.139, No.15, 9.4.1949 .

43. Soet,J.C., Radiation Protection from the Industrial Hygiene Standpoint,J.of Industrial Medicine and Surgery,Vol.20, No.5, Mai 1951 .

44. Sowby,F.D., The Regulation of Shoe-Fitting Fluoroscopes, J.of Canadian Assn.of Radiologists,No.7, 1956 , 18-20 .

45. Spiers,F.W.,Professor,Dept.of Medical Physics,Univ.of Leeds, Privatkorrespondenz vom 4.März 1958 .

46. Stewart,A.,J.Webb,D.Giles,D.Hewitt, Malignant Disease in Childhood and Diagnostic Irradiation in utero,Lancet, Vol.II,No.XI, Sept.1956 , 447 .

47. Strahlenschutz - Pedoskope,Der Einzelhändler,Nr.7, 1952 .

48. Verordnung zum Schutze gegen Schädigungen durch Röntgenstrahlen und radioaktive Stoffe in nichtmedizinischen Betrieben (sog.'Röntgenverordnung') vom 7.Feb.1941 in der Fassung der Änderungsverordnung vom 17.Jan.1942, Reichsgesetzblatt,Teil I, 1942 , 31 .

49. Warren,S., Die Wirkung von Strahlen auf die Lebensdauer, Klinische Wochenschrift,im Druck .

50. Warren,S., J.of Amer.Med.Assn.,No.162, 1956 , 464 .

51. Westergaard,M., Die Erbanlagen des Menschen und seine Verantwortung,Med.Klinik,Sonderheft,Jahrgng.52,Nr.7, 15.2.1957 , 274-283 .

52. Williams,C.R., Radiation Hazards in Industry,J.of Industrial Hygiene and Toxicology,Vol.30,No.5, Sept.1948 .

53. Williams,C.R., Radiation Exposures from the Use of Shoe-Fitting Fluoroscopes,New England J.of Medicine,Vol.241, 1.Sept.1949 .

54. X-Ray Shoe-Fitting Machines,Fort Worth,Texas,Indust.Hygiene Survey,·Juni 1956 .

Lebenslauf

Am 17. August 1933 wurde ich als zweites Kind des Chirurgen Professor Dr.med. Şevket P e k und seiner Ehefrau Mihrünnisa, geb. B e l b e z , in Ankara,Türkei geboren.Von 1939 an besuchte ich die Volksschule "Türk Maarif Cemiyeti" in Ankara und trat 1944 in die Oberrealschule derselben Anstalt ein.Von 1945 bis 1949 war ich an der "English High School for Boys" in Istanbul.Bevor ich nach 3 1/2 jähriger Schulzeit am "American Robert College" in Istanbul 1953 meine "Degree of Bachelor of Sciences,Major in Natural Sciences" erhielt,verbrachte ich noch ein Semester am "Dulwich College" in London.Meine staatliche Reifeprüfung legte ich im Juni 1953 mit dem Prädikat 'sehr gut' am "Galatasaray Lyceum" in Istanbul ab.Seit November 1953 studiere ich Medizin an der Universität München.